

FERNANDO JOSÉ FABROWSKI

***Eucalyptus smithii* R. T. BAKER (MYRTACEAE)
COMO ESPÉCIE PRODUTORA DE ÓLEO ESSENCIAL
NO SUL DO BRASIL.**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Ciências Florestais.

Orientadora:

Prof.^a Dr.^a Graciela Inés Bolzón de Muñiz

CURITIBA

2002



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias – Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Av. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico - CAMPUS III
80210-170 - CURITIBA - Paraná
Tel. (41) 360.4212 - Fax. (41) 360.4211 - <http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao>
e-mail: pinheiro@floresta.ufpr.br

PARECER

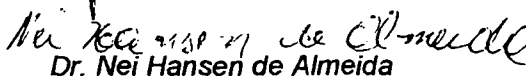
Defesa nº 477

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o doutorando FERNANDO JOSÉ FABROWSKI em relação ao seu trabalho de tese intitulado “*Eucalyptus smithii* R.T. BAKER (MYRTACEAE) COMO ESPÉCIE PRODUTORA DE ÓLEO ESSENCIAL NO SUL DO BRASIL” é de parecer favorável à APROVAÇÃO do acadêmico, habilitando-o ao título de *Doutor em Ciências Florestais*, na área de concentração em *Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais*.



Dr. Graciela Inês Bolzón de Muñiz

Professora e pesquisadora do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR
Orientadora e presidente da banca examinadora



Dr. Nei Hansen de Almeida

Professor e pesquisador da Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Primeiro examinador



Dr. Eduardo César Dechechi

Professor e pesquisador da Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Segundo examinador



Dra. Tomoe Nakashima

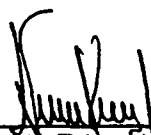
Professora e pesquisadora do Departamento de Farmácia
Terceiro examinador



Dr. Moacir Kaminski

Professor e pesquisador do Departamento de Tecnologia Química da UFPR
Quarto examinador

Curitiba, 04 de julho de 2002.



Nivaldo Eduardo Rizzi
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Franklin Galvão
Vice-coordenador

DEDICATÓRIA

À minha mãe

ELZA GONÇALVES FABROWSKI: pelo amor, carinho e incentivo de todos os dias;

Aos meus Orientadores

GRACIELA INÊS BOLZÓN DE MUÑIZ: pela confiança, liberdade de expansão e decisão;

TOMOE NAKASHIMA: pela atenção, orientação e incentivo;

A

ALUIZIO DE ABREU MARCONDES: pelo acompanhamento técnico, ensinamentos e incentivo, mesmo nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

A DEUS que me guiou em mais uma etapa da vida através da crença, humildade, trabalho em equipe, persistência, versatilidade e harmonia que resultaram na qualidade com o qual se apresenta este trabalho.

À Universidade Federal do Paraná (UFPR), em especial ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal pela oportunidade concedida para a realização do Doutorado.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) pela oportunidade e financiamento do trabalho realizado.

À professora Dr^a Graciela Inés Bolzon de Muñiz pela orientação, amizade, compreensão, ideais expansivos e pela disponibilização de recursos necessários para a execução deste trabalho.

À professora Dr^a Tomoe Nakashima, do Departamento de Farmácia – UFPR, pela orientação, amizade, compreensão e pela oportunidade e receptividade no Laboratório de Fitoquímica, e pela disponibilização de estagiários para o auxílio na parte experimental.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Florestas - *Embrapa Florestas*, na pessoa da pesquisadora Dr^a Rosana Clara Victoria Higa pelo fornecimento da matéria-prima e pela disponibilização de funcionários para auxílio na coleta e transporte da mesma.

Ao professor Dr. Umberto Klock pela amizade, orientação desde o tempo de graduação e utilização do Laboratório de Polpa e Papel da UFPR para a pesagem e determinação da umidade do material botânico utilizado na tese.

Ao professor M.Sc. Aluizio de Abreu Marcondes, do Laboratório de Óleos Essenciais e Aromas (LOEA) da UFPR, pela amizade, pelas análises cromatográficas CG/MS, orientação técnica e verificação dos resultados referentes à área química.

Ao professor Dr. Moacir Kaminski, do curso de Engenharia Química – UFPR, pela amizade, auxílio na realização das análises econômicas do óleo essencial, verificação dos resultados referentes à área química e elaboração do Abstract.

Ao professor M.Sc. João Carlos Possamai, do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo – UFPR, pela atenção e auxílio nas análises estatísticas dos rendimentos e testes físico-químicos do óleo essencial.

Ao professor Dr. Sylvio Péllico Netto, do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR, meu tutor durante o Programa Especial de Treinamento (PET) de 1992 a

1995, ao me estimular a uma visão do potencial de *Eucalyptus smithii* para produção de óleo essencial, em visita técnica à Fazenda Experimental da UFPR, em Rio Negro-PR.

Ao professor M.Sc. Walter Kugler do Departamento de Química-UFPR, ao me incentivar a uma pesquisa sobre o *Eucalyptus smithii*, após os ótimos resultados apresentados de rendimento de óleo essencial desta espécie a partir das folhas adquiridas de plantio experimental da *Embrapa Florestas* em 1994.

Ao professor Dr. Yedo Alquini, do curso da Pós-Graduação em Botânica - UFPR, pelos ensinamentos em microtécnica vegetal, pelo auxílio na descrição anatômica das folhas e ramos terminais e pela utilização dos Laboratórios de Microtécnica Vegetal e de Botânica Estrutural do Departamento de Botânica da UFPR.

Ao M.Sc. João Luiz de S. Carvalho, do Laboratório Catarinense, pela amizade e realização das cromatografias quantitativas sazonais em relação ao componente majoritário do óleo essencial, o 1,8-cineol.

Ao professor sênior M.Sc. Olavo Araujo Guimarães, do Departamento de Botânica - UFPR, pelo auxílio na descrição botânica básica de *Eucalyptus smithii*.

À doutoranda em Engenharia Florestal, Silvana Nisgoski pela maceração a partir da madeira e da casca, assim como pelo auxílio na descrição macro e microscópica da madeira, auxílio na confecção de lâminas permanentes dos ramos terminais e folhas juvenis, verificação da redação final e auxílio na elaboração da apresentação da tese.

Ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo - IPT, nas pessoas do M.Sc. Geraldo Zenid: chefe do Agrupamento de Propriedades Básicas da Madeira; Adriana Costa: responsável pelo Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras e; ao técnico de laboratório, Antonio Carlos Franco Barbosa: pelo seccionamento, coloração e montagem dos cortes anatômicos da madeira e da casca e envio de seções obtidas sem cozimento e sem coloração para a realização de testes específicos posteriores.

À professora Dr^a. Berta Lange de Morretes, do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo – USP, pelos ensinamentos em anatomia vegetal.

À acadêmica Luzia Franco, do Curso de Farmácia - UFPR, pela amizade e auxílio no processamento da matéria-prima de inverno e na realização das análises físico-químicas do óleo essencial e das análises fitoquímicas das folhas, madeira e casca.

À bibliotecária Tania de Barros Baggio, da Biblioteca do Centro de Ciências Florestais e da Madeira da UFPR, pela verificação das referências bibliográficas e a

normatização do texto de tese, conforme normas da Universidade Federal do Paraná – UFPR, baseadas nas normas da ABNT.

Ao Centro de Microscopia Eletrônica da UFPR, nas pessoas da Dr^a. Daura Regina Eiras Stofella e de Vera Regina Fontana Pionteke, pelo ensinamento das técnicas na preparação de material para a obtenção de fotos no Microscópio Eletrônico de Varredura.

A Francisco Niesciur e José Fernando Hüning, ambos da Receita Federal/PR, pelo fornecimento de dados de exportação e importação do óleo essencial de eucalipto efetuados pelo Brasil no período de 1996 à 2001, através do Sistema Alice da SEPRO.

Aos pesquisadores da *Embrapa Florestas*: Dr. Paulo Ernani R. Carvalho, pela amizade e por informações fornecidas sobre o *Eucalyptus smithii* do arboreto da *Embrapa Florestas*; e à amizade e compreensão da pesquisadora M.Sc. Maria Cristina Medeiros Mazza.

À professora Dr^a. Cleusa Bona, do Departamento de Botânica – UFPR, pela auxílio na interpretação de alguns elementos da casca de *Eucalyptus smithii*.

Ao professor Dr. Rudi Arno Seitz, do Curso de Engenharia Florestal – UFPR, pelas informações sobre o *Eucalyptus smithii* da Fazenda Experimental da UFPR em Rio Negro-PR.

Ao auxílio prestado na coleta de matéria-prima para a realização da tese: professor Dr. Sanatiel de Jesus Pereira, da Universidade Federal do Maranhão - UFMA (material preliminar); Alan Sulato de Andrade, acadêmico de Engenharia Industrial Madeireira da UFPR (material de primavera); Cristina Peitz, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas da UFPR (material de inverno).

À M.Sc. Caroline Anunciação Menezes, do Departamento de Microbiologia do Instituto de Ciências Biomédicas - USP, pela amizade e envio de publicações solicitadas presentes na Universidade de São Paulo (USP) e no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. (IPT).

Aos funcionários da *Embrapa Florestas* pelo auxílio na coleta de matéria-prima de *Eucalyptus smithii* durante a tese: Carlos Alberto Úrio: chefe do Setor de Campo Experimental; Otaíde Gonçalves: mestre rural; Antônio Sadao Kodama: técnico florestal; Moacir Antônio Taverna: operador rural; Jonatam Geller e Reginaldo Gonçalves: escaladores; Antônio Pereira da Silva: auxiliar de operações; Degair dos Santos Moraes: motosserrista; Roberto Galdino Neves, João de Paula e Benedito Benardino Teixeira: internos.

À Karol Satake Pereira e Marco Antônio de Freitas, acadêmicos do Curso de Farmácia - UFPR, e à Marilene de Souza Zeferino dos Santos, auxiliar do Laboratório de Fitoquímica - UFPR, pelo auxílio no processamento da matéria-prima de verão.

A Rogério Aparecido Gariani, acadêmico de Química da UFPR, pela realização de 2 cromatografias quantitativas em relação ao 1,8-cineol do óleo essencial no Laboratório de Ecologia Química e Síntese Orgânica (LEQSO) da UFPR.

Ao empresário Fuad Samir Cury, da Destilaria Três Barras Ltda (Torrinha - SP) por informações técnicas fornecidas sobre a destilação do óleo essencial de *Eucalyptus citriodora*.

Ao mestrando João Carlos F. de Melo Júnior, do Departamento de Botânica da UFPR, pela amizade e pelas dicas para a obtenção de fotos de boa qualidade no microscópio fotônico.

À Jaqueline Ribas Verbinenn, farmacêutica e M.Sc. em Botânica, pelo auxílio na coloração de seções da madeira no Laboratório de Anatomia da Madeira da UFPR.

Aos meus amigos da UFPR pelas palavras de incentivo e positividade: doutorando Márcio Coraiola (Engenharia Florestal); professores Dr. Ricardo Jorge Klitzke, Dr. Nilton José Souza e Dr. Márcio Pereira da Rocha (Engenharia Florestal); Paulo Vitor Farago (farmacêutico e M.Sc. em Botânica); Rosita de Oliveira Rose e Ana Lúcia Valêncio da Silveira (técnicas de laboratório do Departamento de Farmácia); Dionéia Calixto de Souza, técnica dos Laboratórios de Química da Madeira e de Polpa e Papel – UFPR; e à acadêmica Rafaela Mattoso Guarise (Curso de Farmácia).

Ao Setor de Consultoria, Agência de Negócios Internacionais do Banco do Brasil pela consultoria realizada sobre a exportação e importação de óleo essencial de eucalipto efetuadas pelo Brasil durante o período de 1992 à 1995 através do Sistema Alice da SERPRO.

A todos que acreditaram em mim e se dispuseram a me ajudar mesmo nas situações mais difíceis e nos obstáculos pelos quais tive que passar e superar para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Fernando José Fabrowski, filho de Francisco Fabrowski e Elza Gonçalves Fabrowski, nasceu em 31 de outubro de 1969, Curitiba, Estado do Paraná.

Concluiu o curso primário e ginásial na Escola Estadual Nympha Maria da Rocha Peplow (Curitiba) em 1984.

Concluiu o curso de segundo grau, Propedêutico, no Colégio Estadual do Paraná (Curitiba) em 1987.

Trabalhou como auxiliar contábil no período de 1988 à 1989.

Ingressou no curso de Engenharia Florestal, da Universidade Federal do Paraná, em 1990.

Participou do Programa Especial de Treinamento (PET), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), de Engenharia Florestal - UFPR, de abril/1992 à abril/1995.

Graduou-se como Engenheiro Florestal, pela Universidade Federal do Paraná, em março de 1995.

Ingressou no curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, nível Mestrado, da Universidade Federal do Paraná, em 1995.

Obteve o grau de Mestre em Ciências Florestais, pela Universidade Federal do Paraná, em 1998.

Ingressou no curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, nível Doutorado, da Universidade Federal do Paraná, em 1998.

Obteve o grau de Doutor em Ciências Florestais, pela Universidade Federal do Paraná, em 2002.

EPIGRAFE

Não é suficiente que saibamos, precisamos também aplicar. Não é suficiente que tenhamos boas intenções, devemos agir (Goethe).

A simples aquisição de conhecimentos e a posse deles são improficuos se não se tornarem acessíveis a outrém (Lawrence).

Quando você é bom para com os outros, é melhor para com você mesmo (Benjamin Franklin).

Pouco conhecimento faz que as criaturas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o céu, enquanto que as cheias a baixam para a terra, sua mãe (Leonardo da Vinci).

Todos vêem o que tu pareces, poucos sentem o que tu és (Maquiavel).

Não se pode ensinar tudo a alguém, pode-se apenas ajudá-lo a encontrar por si mesmo (Galileu Galilei).

O rio atinge seus objetivos porque aprendeu a contornar obstáculos (Lao Tsé).

No fim tudo dá certo, se não deu certo é porque ainda não chegou ao fim (Fernando Sabino).

O único homem que está isento de erros, é aquele que não arrisca acertar (Albert Einstein).

Tem gente que sonha com realizações importantes, e há quem vai lá e realiza (George Bernard Shaw).

Os homens fariam muitas coisas se não julgassem tantas coisas impossíveis (Malesherbes).

TUDO É POSSÍVEL AO QUE CRÊ (JESUS).

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE GRÁFICOS	xiv
LISTA DE QUADROS	xv
LISTA DE TABELAS	xvii
LISTA DE ABREVIATURAS	xviii
LISTA DE SIGLAS	xiv
LISTA DE SÍMBOLOS	xx
RESUMO	xxi
ABSTRACT	xxii
1 INTRODUÇÃO	01
2 OBJETIVOS	03
2.1 OBJETIVO GERAL	03
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	03
3 REVISÃO DE LITERATURA	04
3.1 FAMÍLIA MYRTACEAE	04
3.1.1 Gênero <i>Eucalyptus</i>	04
3.1.1.1 Eucaliptos utilizados para a produção comercial de óleos essenciais	06
3.1.2 <i>Eucalyptus smithii</i> R.T. Baker	10
3.1.2.1 Óleo essencial de <i>Eucalyptus smithii</i>	15
3.1.2.2 <i>Eucalyptus smithii</i> no Brasil	19
3.1.3 Anatomia da Madeira e da Casca	20
3.1.3.1 Anatomia da madeira do gênero <i>Eucalyptus</i>	21
3.1.3.2 Anatomia da Casca	22
3.2 ÓLEOS ESSENCIAIS	33
3.2.1 Características dos Óleos Essenciais	33
3.2.2 Principais Utilizações dos Óleos Essenciais	34
3.2.3 Óleos Essenciais de Eucaliptos	35
3.2.3.1 Eucaliptol (1,8-cineol)	36
3.2.3.1.1 Utilizações do 1,8-cineol	37
3.2.4 Determinações Físicas dos Óleos Essenciais	38
3.2.4.1 Massa específica e densidade relativa	39
3.2.4.2 Índice de refração	40
3.2.4.3 Poder rotatório	41
3.2.4.4 Solubilidade em álcool	43
3.2.5 Dosagem dos Óleos Essenciais	43
3.2.6 Normalização de Óleos Essenciais	45
3.2.6.1 Especificações padrões dos óleos essenciais de eucaliptos ricos em 1,8-cineol	46
3.3 OUTROS EXTRATIVOS VEGETAIS	47
3.3.1 Taninos	49
3.3.2 Glicosídeos Flavônicos	50
3.3.3 Glicosídeos Antraquinônicos	50
3.3.4 Glicosídeos Saponínicos	51
3.3.5 Esteróides e/ou Triterpenos	51
3.4 EXPLORAÇÃO COMERCIAL DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE EUCALIPTOS	52
3.4.1 Plantio dos Eucaliptos	52
3.4.2 Custos de Implantação	53
3.4.3 Coleta do Material Vegetal	55

3.4.4 Destilação do Material Vegetal	56
3.4.5 Melhoria Florestal para a Produção de Óleo Essencial	57
3.5 VARIAÇÕES NO RENDIMENTO E NA QUALIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL EM EUCALIPTOS	58
3.5.1 Variação Devido ao Tipo e Idade das Folhas	59
3.5.2 Variações Devido ao Meio Ambiente	61
3.5.3 Variações Sazonais	64
3.5.4 Variações Devido às Análises Técnicas	66
3.6 DESTILAÇÃO POR ARRASTE COM VAPOR D'ÁGUA	66
3.6.1 Aparelhagem de Destilação	67
3.6.1.1 Caldeiras	67
3.6.1.2 Dornas	67
3.6.1.3 Condensadores	69
3.6.1.4 Vasos de separação	69
3.6.1.5 Vaso coletor	70
3.6.1.6 Outros acessórios	70
3.6.2 Processo de Destilação com Arraste a Vapor d'Água	70
3.6.2.1 Carga e descarga	70
3.6.2.2 Pressão do vapor	71
3.6.2.3 Tempo de destilação	71
3.6.2.4 Tempo de recebimento do destilado	71
3.6.2.5 Combustível utilizado	72
3.6.3 Efeitos na Destilação a Vapor	72
3.6.3.1 Difusão	72
3.6.3.2 Hidrólise	72
3.6.3.3 Decomposição	73
3.7 RETIFICAÇÃO E FRACIONAMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTOS	73
3.7.1 Retificação ou Depuração	73
3.7.2 Destilação Fracionada	74
3.8 EMBALAGENS E ARMAZENAMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL	75
3.9 MERCADO DE ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO	76
3.9.1 Preços x Qualidade	79
4 MATERIAL E MÉTODOS	80
4.1 OBTENÇÃO DO MATERIAL BOTÂNICO	80
4.2 CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DE <i>Eucalyptus smithii</i>	85
4.2.1 Anatomia da Madeira e da Casca	85
4.2.2 Anatomia dos Ramos Terminais e das Folhas	87
4.2.2.1 Montagem das lâminas semi-permanentes	87
4.2.2.2 Montagem de lâminas permanentes	88
4.2.2.3 Microscopia eletrônica de varredura	89
4.3 ENSAIOS FITOQUÍMICOS DE <i>Eucalyptus smithii</i>	89
4.3.1 Características Organolépticas do Material Adulto	90
4.3.2 Abordagem Sistemática Fitoquímica	90
4.4 PESQUISA DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i>	91
4.4.1 Codificação do Material Botânico Utilizado nas Extrações do Óleo Essencial	91
4.4.2 Determinação do Rendimento do Óleo Essencial	94
4.4.2.1 Amostragem e preparo do óleo essencial	97
4.4.2.2 Análises físico-químicas do óleo essencial	98
4.4.2.2.1 Determinação das densidades relativas: d_{20}^{20} e d_4^{20}	98
4.4.2.2.2 Determinação do índice de refração n_D^{20}	99

4.4.2.2.3 Determinação do poder rotatório $[\alpha]_D^{20}$	99
4.4.2.2.4 Determinação da solubilidade em etanol	99
4.4.3 Delineamento Estatístico para o Rendimento e Testes Físico-Químicos	100
4.4.4 Análises Cromatográficas Realizadas	100
4.4.4.1 Cromatografias quantitativas em relação ao teor de 1,8-cineol	101
4.4.4.2 Cromatografias qualitativas do óleo essencial de <i>Eucalyptus smithii</i>	101
4.4.5 Análise Econômica para a Produção do Óleo Essencial de <i>Eucalyptus smithii</i>	102
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	104
5.1 DESCRIÇÃO DE <i>Eucalyptus smithii</i>	104
5.1.1 Descrição Anatômica das Folhas Adultas e Juvenis	104
5.1.2 Descrição Anatômica dos Ramos Terminais Adultos e Juvenis	109
5.1.3 Descrição do Lenho	111
5.1.3.1 Descrição macroscópica do lenho	111
5.1.3.2 Descrição microscópica do lenho	111
5.1.4 Descrição da Casca	114
5.1.4.1 Descrição macroscópica da casca	114
5.1.4.2 Descrição microscópica da casca	114
5.1.4.2.1 Floema não-colapsado	114
5.1.4.2.2 Floema colapsado	118
5.1.4.2.3 Periderme	120
5.2 ANÁLISES FITOQUÍMICAS DE <i>Eucalyptus smithii</i>	121
5.3 ANÁLISES DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i>	123
5.3.1 Estudos Preliminares do Óleo Essencial de <i>Eucalyptus smithii</i>	123
5.3.1.1 Influência do armazenamento do material vegetal no rendimento de óleo essencial	123
5.3.1.2 Influência do armazenamento do material vegetal nas características físico-químicas do óleo essencial	125
5.3.2 Estudos Sazonais do Óleo Essencial de <i>Eucalyptus smithii</i> a Partir de Material com a Umidade Inicial Preservada	126
5.3.2.1 Análise estatística (fatorial 3x4) da variação sazonal da umidade do material a extrair	127
5.3.2.2 Análise estatística (fatorial 3x4) da variação sazonal dos rendimentos do óleo essencial, conforme aparelhagem da norma ABNT	128
5.3.2.3 Análise estatística (fatorial 4x11) da variação individual sazonal dos rendimentos do óleo essencial por árvore	131
5.3.2.4 Análise estatística (fatorial 2x5x3) dos sistemas de extração e das quantidades destiladas do óleo essencial	134
5.3.2.5 Análise estatística (fatorial 3x4) da variação sazonal das densidades relativas (d_{20}^{20}) do óleo essencial de <i>Eucalyptus smithii</i>	137
5.3.2.6 Análise estatística (fatorial 3x4) da variação sazonal dos índices de refração do óleo essencial de <i>Eucalyptus smithii</i>	139
5.3.2.7 Variação sazonal da solubilidade em etanol do óleo essencial de <i>Eucalyptus smithii</i>	141
5.3.2.8 Rotação óptica do óleo essencial de <i>Eucalyptus smithii</i>	142
5.3.3 Análise das Frações do Óleo Essencial de <i>Eucalyptus smithii</i>	144
5.3.3.1 Extração e coloração das frações sazonais do óleo essencial	144
5.3.3.2 Características físico-químicas das frações sazonais do óleo essencial	145
5.3.3.3 Variação da densidade relativa com a temperatura do óleo essencial de <i>Eucalyptus smithii</i>	147
5.3.3.4 Evolução das extrações por tempos de destilação do óleo essencial	148
5.3.4 Óleo Essencial de <i>Eucalyptus smithii</i> Referentes a Outros Materiais Botânicos	151

5.4. ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS SAZONAIS E DAS FRAÇÕES DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i>	153
5.4.1 Teor de 1,8-Cineol no Óleo Essencial de <i>Eucalyptus smithii</i>	155
5.5 PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO: análise de custos	159
5.5.1 Custo de Produção das Árvores e Corte de Material	159
5.5.2 - Custos do Óleo Essencial de <i>Eucalyptus smithii</i>	159
6 CONCLUSÕES	161
7 RECOMENDAÇÕES	164
REFERÊNCIAS	165
DOCUMENTOS CONSULTADOS	177
APÊNDICES	178
ANEXOS	217

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	DISTRIBUIÇÃO DE <i>Eucalyptus smithii</i> PELO MUNDO	12
FIGURA 2 -	ELEMENTOS DO FLOEMA	25
FIGURA 3 -	DESTILAÇÃO COM ARRASTE A VAPOR D'ÁGUA	68
FIGURA 4 -	ÁRVORES ADULTAS DE <i>Eucalyptus smithii</i> UTILIZADAS NA TESE	81
FIGURA 5 -	MATERIAL JUVENIL DE <i>Eucalyptus smithii</i> , MADEIRA, CASCA E DESTILADORES DE ÓLEOS ESSENCIAIS EMPREGADOS NA TESE	82
FIGURA 6 -	HIDRODESTILADORES UTILIZADOS NA TESE	96
FIGURA 7 -	FOTOMICROGRAFIAS DAS FOLHAS DE <i>Eucalyptus smithii</i>	106
FIGURA 8 -	FOTOMICROGRAFIAS DAS FOLHAS ADULTAS DE <i>Eucalyptus smithii</i>	107
FIGURA 9 -	FOTOS A PARTIR DE MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA DAS FOLHAS E RAMOS TERMINAIS DE <i>Eucalyptus smithii</i>	108
FIGURA 10 -	FOTOMICROGRAFIAS DOS RAMOS TERMINAIS DE <i>Eucalyptus smithii</i>	110
FIGURA 11 -	FOTOMICROGRAFIAS DO LENHO DE <i>Eucalyptus smithii</i>	112
FIGURA 12 -	FOTOMICROGRAFIAS DA CASCA DE <i>Eucalyptus smithii</i> : Floema Não- Colapsado	116
FIGURA 13 -	FOTOMICROGRAFIAS DA CASCA DE <i>Eucalyptus smithii</i> : Floema Colapsado e Macerado	118

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 -	RENDIMENTOS SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i> EM CLEVANGER MODIFICADO ABNT CONFORME ABNT	130
GRÁFICO 2 -	RENDIMENTOS SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i> POR MATERIAL EXTRAÍDO	133
GRÁFICO 3 -	SISTEMAS DE EXTRAÇÃO E QUANTIDADES DESTILADAS	135
GRÁFICO 4 -	DENSIDADES RELATIVAS SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i>	138
GRÁFICO 5 -	ÍNDICES DE REFRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i>	140
GRÁFICO 6 -	SOLUBILIDADES SAZONAIS EM ETANOL 70% DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i>	142
GRÁFICO 7 -	ROTAÇÕES ÓPTICAS SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i>	143
GRÁFICO 8 -	EVOLUÇÃO PERCENTUAL ACUMULADA DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i> CONFORME APARELHAGEM ABNT COM 100 g DE MATERIAL	150
GRÁFICO 9 -	EVOLUÇÃO PERCENTUAL ACUMULADA DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i> CONFORME CLEVANGER BÁSICO COM 100 g DE MATERIAL	150
GRÁFICO10-	EVOLUÇÃO PERCENTUAL ACUMULADA DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i> CONFORME CLEVANGER BÁSICO COM 200 g DE MATERIAL	150
GRÁFICO11-	EVOLUÇÃO PERCENTUAL ACUMULADA DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i> CONFORME CLEVANGER BÁSICO COM 300 g DE MATERIAL	151
GRÁFICO12-	EVOLUÇÃO PERCENTUAL ACUMULADA DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i> CONFORME CLEVANGER BÁSICO COM 400 g DE MATERIAL	151
GRÁFICO13-	PREÇOS MÉDIOS ANUAIS (US\$/kg) DO ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO EXPORTADO PELO BRASIL DE 1992 A 10/2001	160

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 -	CARACTERÍSTICAS DAS LOCALIDADES DE SHAFTON E HELVETIA (ÁFRICA DO SUL)	13
QUADRO 2 -	BIOMASSA ESTIMADA DAS PARTES AÉREAS DE <i>Eucalyptus smithii</i> COM DIFERENTES ALTURAS	15
QUADRO 3 -	CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES BIOCLIMÁTICAS DE SANTA CATARINA	20
QUADRO 4 -	CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES BIOCLIMÁTICAS DO PARANÁ	20
QUADRO 5 -	CARACTERÍSTICAS DE VINTE ESPÉCIES DE EUCALIPTOS CULTIVADOS NO BRASIL	23
QUADRO 6 -	ESPECIFICAÇÕES PADRÕES PARA ÓLEOS ESSENCIAIS DE EUCALIPTOS RICOS EM 1,8-CINEOL	46
QUADRO 7 -	ESPECIFICAÇÕES DE ALGUNS COMPÊNDIOS OFICIAIS PARA ÓLEOS ESSENCIAIS DE EUCALIPTOS RICOS EM 1,8-CINEOL	47
QUADRO 8 -	VALORES FÍSICO-QUÍMICOS APRESENTADOS PARA O <i>Eucalyptus smithii</i>	47
QUADRO 9 -	VARIABILIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i> DENTRO E ENTRE ÁRVORES: árvores 1 a 5	62
QUADRO 10 -	VARIABILIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i> DENTRO E ENTRE ÁRVORES: árvores 6 a 10	63
QUADRO 11 -	CLASSIFICAÇÃO COMERCIAL DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE <i>Eucalyptus</i>	77
QUADRO 12 -	CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL BOTÂNICO UTILIZADO NA TESE	83
QUADRO 13 -	REGISTROS CLIMATOLÓGICOS DE SUPERFÍCIE DOS DIAS DE COLETA	83
QUADRO 14 -	UMIDADE DO MATERIAL RECÉM COLETADO, ANTES DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL	84
QUADRO 15 -	CODIFICAÇÃO DAS EXTRAÇÕES PRELIMINARES	91
QUADRO 16 -	CODIFICAÇÃO DAS EXTRAÇÕES SAZONAIS: PRIMAVERA E VERÃO	92
QUADRO 17 -	CODIFICAÇÃO DAS EXTRAÇÕES SAZONAIS: OUTONO E INVERNO	93
QUADRO 18 -	CODIFICAÇÃO DAS EXTRAÇÕES REFERENTES ÀS FRAÇÕES SAZONAIS	94
QUADRO 19 -	QUANTIDADE DE ÁGUA UTILIZADA NOS BALÕES DE DESTILAÇÃO DE ACORDO COM A QUANTIDADE DE MATERIAL EXTRAÍDO	97
QUADRO 20 -	ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS REALIZADAS NA TESE	100
QUADRO 21 -	CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS E EXTRATIVOS PRESENTES NAS FOLHAS ADULTAS SADIAS E OXIDADAS, LENHO E CASCA DE <i>Eucalyptus smithii</i>	122
QUADRO 22 -	VARIAÇÃO DA UMIDADE E RENDIMENTO DO MATERIAL VEGETAL ADULTO COM O ARMAZENAMENTO AO AR E EM GELADEIRA (FRIO)	124
QUADRO 23 -	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i> COM O ARMAZENAMENTO E UMIDADE DO MATERIAL	126
QUADRO 24 -	PERCENTAGEM MÉDIA DE RAMOS TERMINAIS DO MATERIAL EXTRAÍDO	126
QUADRO 25 -	UMIDADE DO MATERIAL RECÉM COLETADO ANTES DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL	127
QUADRO 26 -	ANÁLISE DE VARIÂNCIA: umidade do material vegetal (%)	127
QUADRO 27 -	TESTE DMS: umidade do material vegetal (%)	127
QUADRO 28 -	UMIDADE MÉDIA (%) DOS DIFERENTES MATERIAIS BOTÂNICOS	128
QUADRO 29 -	RENDIMENTOS SAZONAIS OBTIDOS EM CLEVINGER MODIFICADO ABNT	129

QUADRO 30 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA: Rendimentos em Clevenger ABNT (%)	129
QUADRO 31 - TESTE DMS: Rendimentos em Clevenger ABNT (%)	129
QUADRO 32 - VARIAÇÃO SAZONAL DOS RENDIMENTOS POR ÁRVORES (%)	131
QUADRO 33 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA: Variação Sazonal dos Rendimentos por Árvores	132
QUADRO 34 - TESTE DE DESVIO MÍNIMO SIGNIFICATIVO (DMS): Variação Sazonal dos Rendimentos por Árvores	132
QUADRO 35 - VARIAÇÃO DE RENDIMENTOS DOS SISTEMAS DE EXTRAÇÃO E QUANTIDADES DESTILADAS	134
QUADRO 36 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA: sistemas de extração e quantidades destiladas	135
QUADRO 37 - TESTE DMS: Rendimentos de verão, outono e inverno	136
QUADRO 38 - RESUMO DAS EXTRAÇÕES SAZONAIS CONFORME DIFERENTES SISTEMAS DE EXTRAÇÃO E QUANTIDADES EXTRAÍDAS	137
QUADRO 39 - DENSIDADE RELATIVA ($_{20}d^{20}$) SAZONAL DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i>	138
QUADRO 40 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA: densidades relativas ($_{20}d^{20}$)	138
QUADRO 41 - ÍNDICES DE REFRAÇÃO SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i>	139
QUADRO 42 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA: índices de refração	139
QUADRO 43 - TESTE DMS: índices de refração	140
QUADRO 44 - SOLUBILIDADE EM ETANOL DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i>	141
QUADRO 45 - ROTAÇÕES ÓPTICAS SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i>	143
QUADRO 46 - EXTRAÇÃO E COLORAÇÕES DAS FRAÇÕES SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS ADULTAS DE <i>Eucalyptus smithii</i>	145
QUADRO 47 - DENSIDADES RELATIVAS E ÍNDICES DE REFRAÇÃO DAS FRAÇÕES SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS ADULTAS DE <i>Eucalyptus smithii</i>	146
QUADRO 48 - SOLUBILIDADE EM ETANOL A DIVERSAS CONCENTRAÇÕES DAS FRAÇÕES SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS ADULTAS DE <i>Eucalyptus smithii</i>	146
QUADRO 49 - VARIAÇÃO DAS DENSIDADES RELATIVAS DAS FRAÇÕES DE INVERNO A DIFERENTES TEMPERATURAS DO ÓLEO ESSENCIAL	147
QUADRO 50 - RENDIMENTOS SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i> : por tempo de destilação a partir de diferentes quantidades de material	149
QUADRO 51 - EVOLUÇÃO PERCENTUAL DO RENDIMENTO SAZONAL DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i> : tempos de destilação a partir de diferentes quantidades de material	149
QUADRO 52 - COMPONENTES DO ÓLEO ESSENCIAL EXTRAÍDO DE <i>Eucalyptus smithii</i>	153
QUADRO 53 - TEOR DE 1,8-CINEOL DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i>	156

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	PLANTIO DE EUCALIPTOS NO BRASIL	06
TABELA 2 -	DESENVOLVIMENTO DE <i>Eucalyptus smithii</i> NO SUL-LESTE DA TRANSVAAL, ÁFRICA DO SUL	14
TABELA 3 -	DESENVOLVIMENTO DE <i>Eucalyptus smithii</i> NA PROVÍNCIA DE YUNNAN, CHINA	14
TABELA 4 -	COMPOSIÇÃO E RENDIMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i>	17
TABELA 5 -	RENDIMENTO DA ESSÊNCIA DE <i>E. smithii</i> COM 2 ANOS DE IDADE, NO SUDOESTE DA CHINA A PARTIR DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS	65
TABELA 6 -	RENDIMENTO, TEOR DE CINEOL, DENSIDADE RELATIVA, ÍNDICE DE REFRAÇÃO E PODER ROTATÓRIO DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>E. cinerea</i>	65

LISTA DE ABREVIATURAS

Altit.	Altitude
apênd.(s)	apêndice(s)
BD	Banco de dados
CB	Clevenger Básico
CG	Cromatografia a Gás
GC/MS	Gas Chromatography/Mass Spectrometry
DAP	Diâmetro à Altura do Peito
DMS	Desvio Mínimo Significativo
E.	<i>Eucalyptus</i>
EM	Espectrometria de Massa
et al.	Expressão latina abreviada et alli, (=e outros)
EtOH	Etanol
FAA	Formol, Ácido Acético e Álcool Etilico
fig.(s)	figura(s)
FID	Flame Ionization Detector
FOB	Free on Board
ha	Hectare
HP	Hewlett-Packard
IMA	Incremento Médio Anual
Inv	Inverno
Latit.	Latitude
Longit.	Longitude
NBM	Nomenclatura Brasileira de Mercadorias
NCM	Nomenclatura Comum do Mercosul
NSW	New South Wales (Nova Gales do Sul)
Out	Outono
PD	Padrão
Prim	Primavera
Proced.	Procedência
RT	Retention Time
sp.	Relativo à espécie pesquisada
spp.	Relativo a todas as espécies
T	Temperatura
tab.(s)	tabela(s)
var.	Variedade
Ver	Verão

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACIAR	Australian Centre for International Agricultural Research
APPA	Associação Brasileira de Pesquisas sobre Plantas Aromáticas e Óleos Essenciais
BP	British Pharmacopoeia
BS	British Standard
CNPq	Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico
COPANT	Comission Panamericana de Normas Técnicas
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation
ESALQ	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FCC	Food & Chemicals Codex
IAWA	International Association of Wood Anatomy
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
ICFR	Institute Commercial Forestry Research Newsletter
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
IPEF	Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A
ISO	International Standards Organization
ITC	International Trade Center
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
LEQSO	Laboratório de Ecologia Química e Síntese Orgânica
LOEA	Laboratório de Óleos Essenciais e Aromas
NF	National Formulary of USA
PET	Programa Especial de Treinamento
SERPRO	Serviço Federal de Processamento de Dados
SIMEPAR	Sistema Meteorológico do Paraná
STCP	Siqueira e Tomazelli Consultoria e Projetos
UFMA	Universidade Federal do Maranhão
UFPR	Universidade Federal do Paraná
USP	Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

$^{\circ}\text{C}$	Grau Celsius
Comprim.	Comprimento
d_{15}^{15}	razão entre a densidade do óleo a 15 °C e da água destilada a 15 °C
d_{20}^{20}	razão entre a densidade do óleo a 20 °C e da água destilada a 20 °C
d_{25}^{25}	razão entre a densidade do óleo a 25 °C e da água destilada a 25 °C
d_4^{20}	razão entre a densidade do óleo a 20 °C e da água destilada a 4 °C
$[\alpha]_D^T$	Rotação Óptica
$[\alpha]_D^{20}$	Rotação Óptica a 20 °C
dm	decímetro
eV	Eletro-Volts
g	Grama
$^{\circ}\text{GL}$	Grau alcoólico segundo Gay Lussak
IR	Índice de Retenção (Índice de Kovats)
Kg	Quilograma
m	Metro
ml	Mililitros
mm	milímetro
n_D^T	Índice de Refração
n_D^{20}	Índice de Refração a 20 °C
pH	Potencial Hidrogeniônico
PM	Peso Molecular
T	Temperatura
μl	Microlitro
μm	micrômetro
u.m.a.	unidade de massa atômica
v/v	volume por volume

RESUMO

A espécie *Eucalyptus smithii* é originária da Austrália e seu óleo essencial, fonte de 1,8-cineol é classificado como comercial e medicinal. Procurou-se caracterizar esta espécie, através da abordagem sob diferentes aspectos ampliando as informações já existentes, além da proposta de inclusão na Farmacopéia Brasileira. Com o intuito de explorar comercialmente esta espécie no mercado brasileiro de óleos essenciais ou mesmo para exportação foi feita uma avaliação para produção do óleo essencial no Município de Colombo, no estado do Paraná. Através da amostragem aleatória de 15 árvores, localizadas em campo experimental da Embrapa Florestas neste município, plantadas em 1988, sob as mesmas condições ambientais. Destas árvores, 1 foi utilizada para estudos de armazenamento, 1 para as análises fitoquímicas, 5 para estudos sazonais de material adulto e 8 cortadas para os estudos sazonais de material juvenil. Caracterizou-se anatomicamente a espécie com relação às partes vegetais portadoras de óleo essencial (folhas, ramos terminais, lenho e casca). Investigou-se, através de “screening fitoquímico”, os principais metabólitos secundários presentes nas folhas, lenho e casca. Verificou-se o rendimento de óleo essencial, assim como sua composição e características físico-químicas, além da análise do potencial econômico do óleo essencial para a produção no sul do Brasil. O *E. smithii* apresenta estrutura anatômica homogênea do lenho e da casca. As análises fitoquímicas revelaram nas folhas, casca e lenho, a presença de compostos como glicosídeos flavônicos, glicosídeos saponínicos, taninos, esteróides e/ou triterpenóides. Na análise do óleo essencial do material vegetal armazenado ao ar ou ao frio, não houve alteração das características físico-químicas do óleo essencial e no teor de 1,8-cineol apresentando-se concordantes às especificações para óleos essenciais de eucaliptos ricos neste composto. Nos estudos sazonais, em destilador segundo ABNT, observou-se um rendimento médio de 2,51% para as folhas adultas (F), 2,30% para as folhas adultas + ramos terminais (A), 2,12% para as folhas juvenis + ramos terminais e 0,65% para os ramos terminais. Os principais componentes identificados por cromatografia gasosa foram: o 1,8-cineol, isovaleraldeído, γ -terpineno, *trans*-pinocarveol e α -terpineol presentes em todas as partes vegetais estudadas. Na avaliação sazonal do teor de 1,8-cineol, as folhas adultas apresentaram maior teor no verão (85,16%), seguido de outono (82,34%), primavera (80,44%) e inverno (78,25%). O mesmo ocorreu com as folhas juvenis + ramos terminais: verão (84,47%), outono (81,43%) e inverno (70,72%). Através deste estudo conclui-se que a exploração de *E. smithii*, no município de Colombo, para a obtenção de óleo essencial é economicamente viável, conforme análise de custos e demonstrando que as estações mais quentes apresentaram-se mais favoráveis para a sua exploração. A primavera apresentou os maiores rendimentos em óleo essencial e o verão maiores percentuais de 1,8-cineol, indicando esta estação ser a melhor época para colheita, devido a maior produção de biomassa, sendo o óleo essencial de *E. smithii* da região de Colombo-PR, rico em 1,8-cineol, obedecendo as especificações internacionais exigidas para os óleos essenciais de eucaliptos para fins medicinais, o qual poderá ser sugerida a sua incorporação à Farmacopéia Brasileira como espécie cultivada fonte de 1,8-cineol.

ABSTRACT

The *Eucalyptus smithii* species proceeds from Australia and its essential oil has a commercial and medicinal classification, raw material to 1,8-cineole. It attempts to characterize this species using a approach with different aspects, amplifying the informations existents moreover the proposal of inclusion in the Brazilian Pharmacopea. With the task of exploit the essential oil of this eucalyptus in the brasilian and external market, developed the analysis and characterization of *E. smithii*, to the extraction of essential oil, in the municipal district of Colombo, State of Paraná. To accomplish this work it was utilized 15 trees, localized in the experimental field of *Embrapa Forests*, in the municipal district of Colombo, that was planted in 1988, in the same environmental conditions. From thats, 1 was used to the storage studies, 1 was used to the phytochemical analysis, 5 was used to study the season effects in adult trees and 8 was cuted to study the season effects in juvenile trees. The anatomical characterization of the species was done, considering the tree's parts that contain the essential oil (leaves, terminal branchlets, wood and bark). It was investigated, using "phytochemical screening", the more significant secondaries metabolites of the leaves, wood and bark. It was studied the essential oil yield, its composition and physical-chemistry properties and the economic potential to produce in South Brazil the essential oil. The wood and bark of the *E. smithii* has a homogeneous anatomical structure. The phytochemical analysis reveal the presence of compounds like flavonoids glycosides, saponin glycosides, tannins, steroids and/or triterpenes. In the analysis of the effect of storage of the vegetable material in the air or low temperature, there aren't alteration in the physical-chemistry properties of the essential oil and the 1,8-cineole and it was achieved values agree whith the values of the technical literature to oils rich in this compound. In the search of the effect of the seasons in the oil yiel it was used destilator ABNT, and it was achieved a oil yield in fresh material of 2,51% to adult leaves, 2,30% to adult leaves + terminal branchlets, 2,12% to juvenile leaves + terminal branchlets and 0,65% to terminal branchlets.. The analysis of the composition of the extracted oil shows with the most frequent componets was 1,8-cineole, isovaleraldehyde, γ -terpinene, *trans*-pinocarveol and α -terpineol that appear in all parts studied. The effect of the season in the yield of the oil was studied, and it shows tha t the adult leaves have the higher yield in summer (85,16%), followed by the autumn (82,34%), spring (80,44%) and winter (78,25%). It was the same to the juvenile leaves + terminal branchlets: 84,47% in the summer, 81,43 in the autumn, 70,72% in the winter. With this study it is possible to conclude that the cost analysis showed that the exploitation of the *E. smithii* in the Colombo district to the extraction of essential oil is economically feasible, and the warm seasons presented more propitious to the operation, where the spring showed the higher yield in essential oil and the summer the higher composition in 1,8-cineole, indicating that this is the more favourable season to the crop, in function of the higher production of biomass. The essential oil of *E. smithii* from Colombo - PR, of the adult like as the juvenile material agree with the international specifications claimed to the essential oils rich in 1,8-cineole, indicating that it can be incorporated to the Brazilian Pharmacopea, like a species of eucalyptus cultivated in Brazil and source of 1,8-cineole.

1 INTRODUÇÃO

As investigações científicas com plantas medicinais envolvem vários fatores, dos quais se destaca a participação de um número cada vez maior de profissionais. Resultados promissores dependem de uma maior inter-relação entre as áreas correlacionadas, pois a continuidade dos estudos de forma isolada perpetuará em resultados insuficientes. O caráter inter e multidisciplinar permite aos pesquisadores obterem conhecimentos mais amplos e ricos que aqueles obtidos em linhas específicas de pesquisa.

Facilitar a compreensão deste universo, apresentando de forma clara e objetiva os estudos das principais disciplinas envolvidas neste estudo, foi o objetivo inicial que levou a produzir o trabalho que aqui se apresenta transmitindo aos interessados, de forma condensada e ao mesmo tempo abrangente, os estudos em cada uma destas disciplinas apresentando propostas de abordagens das áreas e oferecendo subsídios para a realização e continuação de pesquisas. Para encarar este desafio agrupou-se um grande número de profissionais de diferentes áreas da UFPR (Farmácia, Botânica, Química, Engenharia Química, Engenharia Florestal e Agronomia), e de Centros de Pesquisa (*Embrapa Florestas*, IPT, Laboratório Catarinense e Centro de Microscopia Eletrônica da UFPR) que possuem a mesma preocupação, ou seja, alcançar resultados de forma ampla e sob diferentes pontos de vista. O trabalho se concretizou pela transformação da riqueza de seus conhecimentos através da dedicação e participação de todos estes profissionais, sem a qual esta coletânea de informações não poderia ter sido produzida com a qualidade a que se apresenta.

É importante ressaltar que a associação e a inter-relação entre os mais variados profissionais tornam-se hoje não apenas um princípio de trabalho em equipe, mas uma prioridade. Não podemos mais passar ao longe destas necessidades e realizarmos pesquisas descompromissadas, voltadas apenas para o avanço científico e sem aplicações e implicações, mesmo que indiretas, na solução de nossos problemas. É importante que cada pesquisador considere o papel social que possui e o quanto, por meio de seus estudos e pesquisas, pode colaborar com o desenvolvimento do país (DI STASI, 1996).

A constante procura de fontes de matérias-primas utilizáveis nos diferentes segmentos da indústria de óleos essenciais e a busca incessante de novos produtos exportáveis têm proporcionado fontes alternativas de divisas para o país (BIDÁ, 1985). O consumo dos produtos aromáticos é universal e a intensidade de seu uso pode servir de aferição do grau de desenvolvimento de um povo. Seu comércio envolve interesse dos produtores, das indústrias

de transformação e seus consumidores, de perspectivas econômicas consideráveis (PINTO, 1986).

Rudimentarmente, os óleos essenciais são obtidos de plantas aromáticas em pequenas áreas próximas aos aparelhos extratores, proporcionando aos seus produtores alguns recursos, fruto da comercialização (BIDÁ, 1985). A extração dos óleos essenciais apresenta tal simplicidade que, em muitos países, sua exploração se transformou em nível de indústria semi-artesanal (CRAVEIRO et al., 1981).

Quanto à utilização de eucaliptos, muito se tem combatido seus reflorestamentos, principalmente através da imprensa e grupos conservacionistas, porém é importante que se perceba, que quando se exploram árvores de eucaliptos, as essências nativas brasileiras são preservadas (ALFONSO, 1987). Os assuntos que envolvem críticas carregadas emocionalmente, discriminadas e até extremas são características de leigos e aventureiros no assunto. Deve-se dar lugar a evidências científicas e não simplesmente julgar o gênero, mas exigir programas corretos para a exploração destas espécies, pois estas são capazes de gerar grandes divisas para o Brasil (SILVA, 2001).

O *Eucalyptus smithii* é classificado como uma espécie comercial para a produção de óleo essencial medicinal, fonte de 1,8-cineol, porém poucas informações encontram-se disponíveis no Brasil sobre esta espécie. Com o intuito de viabilizar a utilização do *Eucalyptus smithii* no Mercado Brasileiro Produtor de Óleos Essenciais torna-se essencial um amplo conhecimento e divulgação desta espécie. Assim procurou-se caracterizar o *E. smithii* ampliando as informações já existentes através da abordagem sob diferentes aspectos. O trabalho foi realizado com o auxílio e a união de várias áreas de pesquisa, cada qual com a sua parcela de contribuição, ressaltando a importância do trabalho em equipe e fornecendo subsídios científicos e a abertura de novos caminhos para pesquisadores interessados em continuar o estudo desta espécie.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo geral a demonstração do potencial de *Eucalyptus smithii* R. T. Baker para a sua viabilização como espécie produtora de óleo essencial na Região de Colombo - PR, além da sugestão da inclusão desta como matéria-prima alternativa, fonte de 1,8-cineol, na Farmacopéia Brasileira.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabalho teve por objetivos específicos:

- a) Caracterizar anatomicamente a espécie com relação às partes vegetais portadoras de óleos essenciais (folhas, ramos terminais, lenho e casca);
- b) Quantificar a variação sazonal dos rendimentos do óleo essencial em função do material adulto e juvenil, da umidade, de sistemas de extração e de quantidades diferentes destiladas, assim como avaliar a variação sazonal das principais características físico-químicas;
- c) Analisar a composição qualitativa do óleo essencial através de cromatografias representativas sazonais de material adulto e juvenil;
- d) Analisar o potencial econômico do óleo essencial através de informações e dados disponíveis em literatura, assim como dos obtidos neste trabalho e através de empresários;
- e) Comparar os resultados obtidos com as especificações existentes para óleos essenciais de eucaliptos com o intuito de viabilizar a espécie como produtora e fornecedora de óleo volátil;
- f) Além do óleo essencial, investigar através de “Screening” fitoquímico, outros metabólitos secundários presentes nas folhas, lenho e casca visando a melhor interpretação qualitativa dos compostos presentes nestas partes vegetais, assim como sua influência no uso medicinal;
- g) Realizar um extenso trabalho multidisciplinar.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 FAMÍLIA MYRTACEAE

A família Myrtaceae compreende cerca de 100 gêneros e 3000 espécies de árvores e arbustos, que se distribuem por todos os continentes à exceção da Antártida, mas com nítida predominância nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. As mirtáceas possuem glândulas oleíferas translúcidas no limbo das folhas que são inteiras, opostas ou alternas. As flores são geralmente hermafroditas (MARCHIORI; SOBRAL, 1997).

3.1.1 Gênero *Eucalyptus*

O nome eucalipto deriva do grego: eu (= bem) e kalipto (= cobrir), referindo-se à estrutura globular arredondada de seu fruto, caracterizando o opérculo que protege as suas sementes (PENFOLD, 1965; SILVA, 2001). É o gênero mais importante das florestas australianas, constituindo cerca de três quartos da vegetação continental (BRAGA, 1971). O gênero foi nomeado em 1788 pelo francês Charles-Louis L'Heritier de Brutelle, que indicou este nome quando publicou *Eucalyptus obliqua*, baseado em material coletado em Bruny Island da costa sul da Tasmânia. Poucas espécies são indígenas das ilhas ao norte da Austrália, mas somente duas espécies, *E. urophylla* e *E. deglupta* são endêmicas fora da Austrália. Os eucaliptos podem atingir imensas alturas, como o *E. regnans* que é a maior árvore da Austrália e angiosperma do mundo, chegando a medir mais de 100 m de altura (BOLAND et al., 1984).

Segundo o Serviço Florestal da Austrália são 670 espécies já identificadas (SILVA, 2001). Até 1981, as plantações comerciais de eucaliptos giravam em torno de 4 milhões de hectares em 58 países, incluindo a Austrália, e outros 50 países estavam realizando plantações experimentais ou ornamentais (FAO, 1981). Atualmente, de acordo com a FAO, existem 13698000 de hectares de eucaliptos plantados em todo o mundo, sendo 4800000 ha na Índia, 2955000 ha no Brasil, 690000 ha em Portugal, 670000 ha na China, 597000 ha na África do Sul, 550000 ha na Espanha, 317000 ha no Chile, etc. Os eucaliptos mais plantados no mundo são: *E. grandis*, *E. saligna*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *E. viminalis*, *E. deglupta* e *E. citriodora* (SILVA, 2001).

Não é fácil determinar precisamente a data da introdução dos eucaliptos no Brasil. No início, tinha-se como certo que os primeiros eucaliptos haviam sido plantados no Rio Grande do Sul: *Eucalyptus globulus*, *E. amygdalina* e *E. polyanthemos* em 1868 por Frederico de Albuquerque. Nesse mesmo ano, o Primeiro Tenente da Marinha, Pereira da Cunha, havia plantado alguns exemplares na Quinta da Boa Vista, no Rio de Janeiro. O acadêmico Osório Duque Estrada, em artigo publicado no “Correio da manhã”, em 1909, afirmava que na Chácara de seu progenitor, na Gávea (Rio de Janeiro), havia em 1875 vários *Eucalyptus globulus* que, pelo seus portes, não deviam ter menos de 20 anos, o que faz recuar a data da introdução para 1855. No Município de Amparo, na Chácara de Cachoeira, foi plantado um *Eucalyptus globulus*, pelo então vigário José Honório da Silva, entre 1861 e 1863, anos que ali serviu. Segundo J. Barbosa Rodrigues, no seu “*Hortus Fluminensis*”, publicado no Rio em 1894, Frei Leandro do Sacramento, diretor do Jardim Botânico de 1824 a 1829, aí plantou dois exemplares de *E. gigantea*, árvores essas que constam do catálogo das plantas cultivadas no jardim Botânico, o qual não chegou a ser publicado. Freire Alemão, em 1825, teve ensejo de ver esse catálogo, no qual eram mencionados os dois eucaliptos (SAMPAIO, 1975).

A introdução da cultura econômica dos eucaliptos no Brasil deve-se à Companhia Paulista de Estradas de Ferro, através do silvicultor Edmundo Navarro de Andrade que desenvolveu trabalhos experimentais de 1904 a 1909, no Horto de Jundiaí, nos quais os eucaliptos se avantajaram sobre as demais espécies iniciando-se então os plantios em larga escala para suprir a necessidade crescente de combustível para as locomotivas a vapor (SAMPAIO, 1975). Somente durante a Segunda Guerra Mundial se iniciou a extração de óleo essencial de eucaliptos através das espécies *E. citriodora* e *E. globulus* (BRAGA, 1971).

Os eucaliptos mais utilizados no Brasil são: *E. grandis* (55%), *E. saligna* (17%) e *E. urophylla* (9%). Os eucaliptos podem ser usados para: celulose e papel, mobiliário, postes, dormentes, mourões, energia, estruturas e construção civil, etc. (SILVA, 2001).

Conforme indicado na tabela 1, Minas Gerais é o Estado brasileiro com a maior plantação de eucaliptos (STCP/INFOR, 2002).

FERREIRINHA (1961) relata que em 1961 procurou-se fomentar a plantação de eucaliptos com melhores produções de óleo essencial e, simultaneamente, de madeiras, como *Eucalyptus smithii*, *E. polybractea*, *E. dives* var. C., *E. dumosa* e *E. australiana*. Cita também que o *E. macarthuri* e o *E. staigeriana* são outras espécies, no Brasil, que se destacam pela qualidade do óleo essencial.

SANTOS, LABATE e SILVA (1961) relatam que nesta época haviam 15 destilarias instaladas em São Paulo, sendo que em 14 os produtores dedicavam-se exclusivamente ao *E. citriodora* menos uma que operava também com outros eucaliptos como *E. smithii*, *E. staigeriana* e *E. macarthuri*.

TABELA 1 – PLANTIO DE EUCALIPTOS NO BRASIL

Estados (Brasil)	Área Plantada (ha)
Minas Gerais	1523750
São Paulo	574150
Bahia	213400
Espírito Santo	152300
Rio Grande do Sul	115900
Mato Grosso do Sul	80000
Paraná	67000
Pará	45700
Santa Catarina	41550
Amapá	12500
Outros	128500
Total	2954780 ha

FONTE: ¹STCP/INFOR (2002).

KIEFER (1986) relata que a empresa Dieberguer produz a seguinte linha de óleos essenciais de eucaliptos: *Eucalyptus globulus*, *E. citriodora* e *E. staigeriana*. KOKETSU e GONÇALVES (1991) citam que os eucaliptos explorados no Brasil para a produção de óleo essencial são: *E. citriodora*, como a espécie de maior expressão e, *E. smithii* e *E. staigeriana*.

Segundo RIZZINI e MORS (1995), os eucaliptos explorados para o preparo de óleos essenciais em São Paulo são: *Eucalyptus smithii* e *E. maideni* (1,8-cineol), *E. citriodora* (citronelal), *E. staigeriana* (citral, limoneno) e *E. macarthuri* (geraniol, acetato de geranila).

3.1.1.1 Eucaliptos Utilizados para a Produção Comercial de Óleos Essenciais

No Brasil, além do *Eucalyptus smithii*, outros eucaliptos já foram e/ou ainda são utilizados para a produção de óleos essenciais, tais como:

¹ STC/INFOR, 2002. Perspectivas da madeira de eucalipto no Brasil.

- *Eucalyptus globulus* Labillardière

Uma das mais famosas espécies de *Eucalyptus*, o *E. globulus* foi descoberto na Tasmânia, em 1792, por Labillardière e destilado na década de 1880 (PENFOLD, 1965). Está incluída no grupo dos óleos essenciais medicinais em virtude do seu alto teor em 1,8-cineol (64 a 66%). No Brasil, apresenta rendimento de 1 a 1,5% em óleo essencial (BRAGA, 1971).

O óleo essencial de *Eucalyptus globulus* apresenta densidade (d_{20}^{20}) de 0,906 a 0,926, índice de refração (n_D^{20}) de 1,4570 a 1,4690, poder rotatório ($[\alpha]_D^{20}$) de 0 ° a + 10 ° e solubilidade em álcool 70%: de 2 a 4 volumes (BASSANI, 1971).

O óleo essencial de *Eucalyptus globulus* pode ser utilizado na medicina como expectorante, vermífugo e anti-séptico local (BASSANI, 1971). Na forma de inalação atua sobre as mucosas e a pele. Pela ação do 1,8-cineol e outras substâncias na desobstrução e alívio das mucosas dos pulmões, este óleo essencial tem encontrado apoio na classe médica no tratamento de bronquites agudas, sendo também é usado em aplicação nasal. Externamente, sua aplicação nos tratamentos de problemas musculares e reumatismo tem mostrado resultados excelentes. As folhas também são usadas em inalações, pois têm propriedades anti-sépticas e expectorante devido ao princípio ativo 1,8-cineol (FRANCO, 1999).

Esta espécie apresenta rápido crescimento e alto valor econômico para a produção de polpa de madeira (QUILHÓ; PEREIRA; RICHTER, 1999), além do fornecimento de lenha (BRAGA, 1971).

- *Eucalyptus citriodora* Hooker: atualmente *Corymbia citriodora* (Hooker) K.D. Hill & L.A.S. Jonhson

O *Eucalyptus citriodora* Hooker mudou de gênero, sendo o seu nome atual *Corymbia citriodora* (Hooker) K.D. Hill & L.A.S. Jonhson, após um profundo estudo realizado pelos botânicos australianos, Ken D. Hill e Lawrie A.S. Johnson, trabalhando no Herbário Nacional de Nova Gales do Sul, na cidade de Sidney, Austrália (GRIN, 2002; MOURA, 2002).

Durante a Segunda Guerra Mundial, devido a escassez de óleo essencial de citronela no mercado mundial, a indústria brasileira de perfumaria passou a utilizar o óleo essencial de *Eucalyptus citriodora*, como substituto daquele produto antes importado. As primeiras

destilações desta espécie foram realizadas, experimentalmente, em 1941 e 1942. A produção brasileira em 1944 foi de 2 toneladas e, em 1946 chegou a 12 (BRAGA, 1971).

O *Eucalyptus citriodora* é a espécie mais difundida para a extração de óleo essencial de eucalipto no Brasil, sendo cultivado inicialmente no estado de São Paulo. Na década de 1970, o Brasil produzia cerca de 80% da produção mundial do óleo essencial deste eucalipto (XAVIER, 1993).

A região central do estado de São Paulo é a mais importante na produção do óleo essencial de *E. citriodora*, que é considerado uma das melhores fontes naturais de citronelal e citronelol, porém outros estados também têm se destacado, como Espírito Santo, Mato Grosso e Minas Gerais (XAVIER, 1993). Seu rendimento em óleo essencial em relação ao peso verde destilado no Estado de São Paulo encontra-se entre 1,0 e 1,5% (GALANTI, 1987).

Esta espécie é recomendada para reflorestamento em quase todo o Brasil Central, norte do Paraná, São Paulo, Minas Gerais e litoral do Nordeste com exceção de Pernambuco e Paraíba cujos plantios não apresentaram bom desenvolvimento (GOLFARI, 1975).

Como regra geral, eucaliptos que são explorados para madeira contém muito pouco óleo essencial em sua folhagem e os que são explorados para óleos essenciais têm pouco uso como madeira, sendo usados principalmente como combustível. No entanto, o *Eucalyptus citriodora* é uma exceção entre os eucaliptos explorados para a produção de óleo essencial, pois também é utilizado para madeira (PENFOLD, 1965), podendo até substituir a madeira de lei na fabricação de móveis. O carvão de *E. citriodora* é mais denso e resistente que o de *E. grandis* permitindo maiores cargas nos fornos apesar de apresentar o cultivo das mudas mais difícil (KIEFER, 1986). A madeira também é largamente empregada para estacas, mourões e dormentes (BRAGA, 1971).

O óleo essencial de *Eucalyptus citriodora*, cultivado no Brasil, apresenta como componente principal o citronelal em uma percentagem de 75% (BRAGA, 1971). É um líquido verde amarelado, extraído das folhas e das extremidades dos galhos, sendo utilizado em indústrias de cosméticos e como fonte de citronelal para obtenção de citronelol, mentol sintético e hidroxicitronelal. É também usado em pequenas quantidades, em germicidas, inseticidas e desinfetantes (BASSANI, 1971).

O óleo essencial de *Eucalyptus citriodora* apresenta densidade (d_{20}^{20}) de 0,858 a 0,875, índice de refração (n_D^{20}) de 1,4490 a 1,4570, poder rotatório ($[\alpha]_D^{20}$) de -1° a $+2^\circ$ e solubilidade em álcool 70%: de 4 a 6 volumes (BASSANI, 1971).

O *Eucalyptus citriodora* possui plantação com vida útil muito longa, quando bem conduzida. A partir do segundo ano, quando a planta atinge de 3 a 4 metros de altura, já pode ser praticado o desfolhamento que não deve exceder 50% da folhagem. Com os anos, derruba-se o eucalipto, sendo aproveitada a totalidade das folhas e a madeira. Do tronco cortado a uns 30 cm do solo surgem vários brotos que, na época adequada passam por idêntica operação de desfolhamento. Em geral, o *E. citriodora* permite uma colheita anual, normalmente antes da estação chuvosa (BRAGA, 1971).

- *Eucalyptus staigeriana* Fr. Mueller

Esta espécie apresenta um rendimento em óleo essencial de 1,2 a 1,5% no Brasil, sendo seu principal componente, o citral (16 a 40%) que pode até certo ponto concorrer com o óleo essencial de capim-limão (BRAGA, 1971). Também apresenta o geraniol e acetato de geranila como importantes componentes (KOKETSU; GONÇALVES, 1991).

- *Eucalyptus dives* Schauer

O óleo essencial de *Eucalyptus dives* é utilizado em preparações industriais e contém 50% em piperitona, que é facilmente convertida em timol e mentol. O felandreno está presente com 20 a 30%, sendo muito utilizado como solvente (BRAGA, 1971). O *E. dives* Schauer var. "C" destilado das folhas e ramos terminais rende de 2 a 4% (PENFOLD, 1965).

- *Eucalyptus macarthuri* H. Deane e J.H. Maiden

O rendimento do óleo essencial de *Eucalyptus macarthuri* cultivado varia de 0,5 a 1%. Este óleo essencial contém o acetato de geranila, como principal constituinte (67 a 72,6%), eudesmol (15 a 17,1%) e geraniol (2,6 a 7,2%). A casca possui um óleo essencial de similar composição ao das folhas, mas com menor rendimento: cerca de 0,15% (PENFOLD, 1965).

3.1.2 *Eucalyptus smithii* R.T. Baker

De acordo com a classificação de PRYOR e JOHNSON (1971), o *Eucalyptus smithii* pertence à família Myrtaceae, gênero *Eucalyptus*, sub-gênero *Symphyomyrtus*, seção *Maidenaria*, sub-série *Viminalinae*, e espécie *smithii*.

O nome *smithii* foi dado em homenagem a Henry George Smith (UNIVERSITY OF SYDNEY LIBRARY, 2001), químico estudioso de óleos essenciais da flora australiana (BOLAND et al., 1984), por R.T. Baker, que nomeou e descreveu o *Eucalyptus smithii* (CHIPPENDALE; JOHNSTON, 1969). Esta espécie é conhecida por White Top, Gully Ash, White Ironbark (PENFOLD, 1965), Gully Gum, Gully Peppermint, Blackbutt Peppermint (BOLAND et al., 1984) e Smith's Gum (UNIVERSITY OF SYDNEY LIBRARY, 2001).

O *Eucalyptus smithii* atinge altura superior a 40 metros (FAO, 1979). As folhas juvenis são opostas, sésseis, amplexicaule, lanceoladas, com 6-10 x 1-1,6 cm, verdes, discolores. As folhas adultas são alternas, pecioladas, estreitas-lanceoladas, com 10-20 x 0,7-1,5 cm, verdes, concolores. As inflorescências são simples, axilares, com 7 flores, de pedúnculos angulares ou achatados com 0,5-1,2 cm de comprimento; pedicelos com 0,2-0,6 cm de comprimento. Os botões são ovóides ou claviformes, com 0,6-0,7 x 0,3-0,4 cm; opérculos cônicos, hemisférico-apiculados ou rostrados. Apresenta florescência de janeiro a março; frutos pedicelados, globulares ou ovóides, com 0,4-0,7 x 0,5-0,7 cm; disco amplo, ascendente; válvulas amplas, estendidas, usualmente 3 (BOLAND et al., 1984).

A casca é cinzenta a marrom-escura, persistente na maior parte do tronco, moderadamente grossa e compacta com fissuras longitudinais estreitas. A descortização ocorre na parte superior em longas faixas, imperfeitamente destacadas e persistem suspensas na copa e em torno do tronco (BOLAND et al., 1984). A casca é lisa na parte superior do tronco e nos ramos, com a coloração branca ou branco-creme; apresenta riqueza de substâncias tânicas (21 a 26%). A madeira é castanho-clara, densa e durável (CUNHA; VALE, 1969).

O *Eucalyptus smithii* cresce naturalmente com moderação no sul dos distritos de Nova Gales do Sul, particularmente ao redor de Hilltop, Monga e Braidwood estendendo-se até Victoria (PENFOLD, 1965) conforme figura 1. Localiza-se em latitudes compreendidas entre 34 e 37 ½ °S e altitudes de 50 a 1150 m. O clima varia de temperado úmido a subúmido, com a temperatura do mês mais quente entre 23 e 28 °C e a temperatura do mês mais frio entre -2 e 6 °C. Ocorre sobre declives baixos de morros ou colinas e sobre margens de rios e pântanos. As geadas, pouco freqüentes, próximas à costa, podem ocorrer em número

superior a 100 ao ano nos planaltos. A precipitação média anual é de 750 a 1700 mm, com distribuição relativamente uniforme, sendo raros os meses com menos de 50 mm (BOLAND et al., 1984). Na Austrália prefere solos de textura média a arenosa, profundos, com subsolo argiloso e não muito secos. De modo geral, desenvolve-se em vários tipos de solos derivados de rochas sedimentares ou vulcânicas, à exceção daqueles de fertilidade excessivamente baixa (EMBRAPA, 1986).

Na Austrália, o *Eucalyptus smithii* é aproveitado também para a produção de mel (EMBRAPA, 1986, 1988), sendo sua madeira utilizada, na área de origem, em serrarias e construções e, em outros países, como postes e mourões (EMBRAPA, 1988).

- *Eucalyptus smithii* fora da área de ocorrência natural

Com relação a plantios fora de sua ocorrência natural (fig.1), o *Eucalyptus smithii* vem sendo plantado em Angola (COSTA, 1986), Guatemala, Congo Belga (PENFOLD, 1965), África do Sul, Zimbabwe (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991), Suazilândia (SMALL, 1981), Ruanda (CHALCAT et al., 1997), China (WANG; WANG, 1997), Portugal, Zaire, Rússia (COSTA, 1975), Chile, Uruguai, Argélia (FAO, 1981), Nova Zelândia (FAO, 1979), França (FAO, 1955), ilhas Hawaianas e Brasil (VALE; CUNHA, 1971).

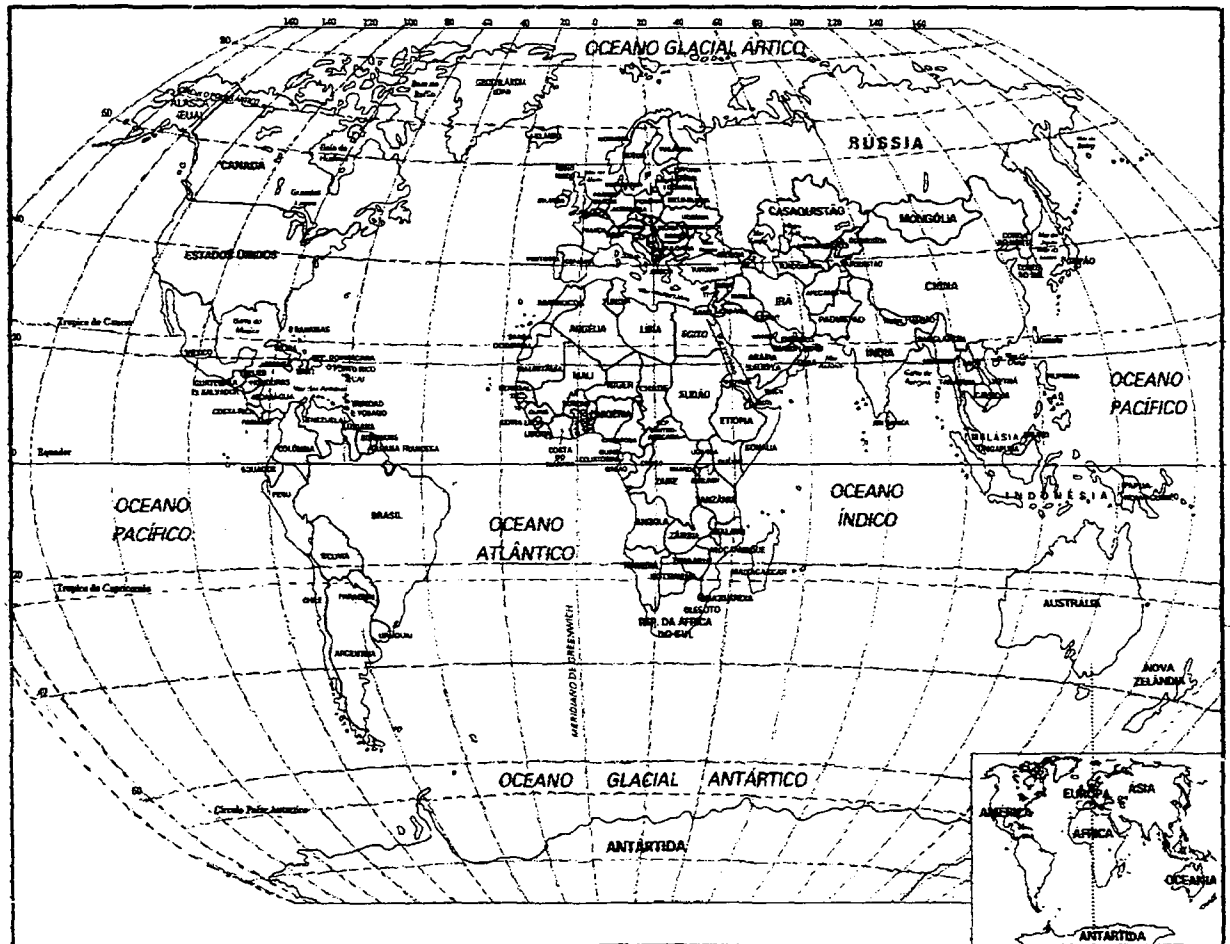
Na África do Sul, o *Eucalyptus smithii* foi introduzido em 1905 (DARROW, 1984) e na China, em 1988 através de 4 procedências implantadas em Yunnan, nas quais se destaca entre os melhores eucaliptos crescidos no país (HUORAN; ZEPING; HONG, 1994).

Segundo HUORAN, ZEPING e HONG (1994), na China, o *Eucalyptus smithii* tem suas principais utilizações comerciais como polpa, madeira e exploração de óleo essencial.

CLARKE, SHAW e WESSELS (1999) pesquisaram a madeira de 9 eucaliptos: *Eucalyptus smithii*, *E. saligna*, *E. grandis*, *E. dunnii*, *E. macarthuri*, *E. nitens*, *E. fastigiata*, *E. fraxinoides* e *E. oreades*, de várias procedências, em duas localidades na África do Sul (quadro 1), com geadas comuns nos meses de inverno. As procedências de *E. smithii* foram de: Mittagong (Latitude 34°27'S, Longitude 150°27'E, 1070 m); Robertson (Latitude 34°40'S, Longitude 150°40'E, 800 m), Nerrigundah (Latitude 36°05'S, Longitude 149°55', 400m) e; Mt. Dromedary (Latitude 36°17'S, Longitude 150°03'E, 305 m). Concluíram que o *E. smithii* apresentou os melhores resultados: maior teor de α -celulose (\cong 56%); maiores rendimentos em polpa da madeira pelo processo kraft (\cong 51%), menores consumos em álcali

($\cong 60-61\%$); maior brilho ISO ($\cong 30-32\%$); e menor número kappa ($\cong 13-14\%$). O *E. smithii* ainda apresentou cerca de: 50% em fibras; 20% de lignina, 19% em pentosanas e, as maiores densidades, com cerca de 525 a 570 kg/m³.

FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO DE *Eucalyptus smithii* PELO MUNDO



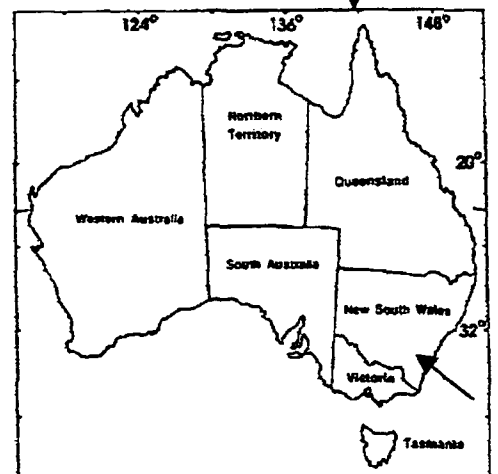
FONTE: ADAPTADO DE EMIDIO (1997) e MAURINTO (2001).

Ocorrência Natural de *Eucalyptus smithii*:

Austrália: Sul dos Distritos de Nova Gales do Sul extendendo-se até Victoria.

Introdução Fora da Área de Ocorrência Natural:

Nova Zelândia Angola, África do Sul, Zimbabwe, Suazilândia, Ruanda, Zaire, Argélia, China, Portugal, Rússia, França, Guatemala, Chile, Uruguai, Brasil, etc.



FONTE: BOLAND, BROPHY e HOUSE (1991).

QUADRO 1 – CARACTERÍSTICAS DAS LOCALIDADES DE SHAFTON E HELVETIA (ÁFRICA DO SUL)

Parâmetros	Shafton	Helvetia
Latitude	30°14'	25°31'
Longitude	29°25'	30°20'
Altitude (m)	1220	1700
Precipitação Anual (mm)	950	775
Temperatura Média Anual (°C)	16,0	14,8
Temperatura do Mês mais Quente (°C)	24,9	24,1
Temperatura do Mês mais Frio (°C)	4,8	1,8

FONTE: CLARKE, SHAW e WESSELS (1999).

- Resistência a estiagem, geadas, pragas e doenças

DARROW (1993) estudou o efeito induzido da estiagem em solos rasos, em 10 espécies de eucaliptos plantados no sul-leste da Transvaal (África do Sul), em diferentes altitudes: Indaia (GE11: 1310 m), Moolman (GE13: 1180m), Harding (GE17: 835 m), Pietermaritzburg (GE18: 860m) e Stony Hill (GE19: 640 m). *Eucalyptus dunnii* e *E. smithii* foram as espécies mais resistentes à estiagem induzida, com muito pouca mortalidade.

SCHÖNAU e PURNELL (1987) pesquisaram o desenvolvimento de 12 espécies de eucaliptos, entre elas o *Eucalyptus smithii* (tab. 2), procedente de Mt. Dromedary - NSW, Austrália, lote 12131, também testada no sul-leste da Transvaal (África do Sul), região com média de 15 °C de temperatura anual. No primeiro ano de plantio houve a presença de fortes geadas. O *E. smithii* apresentou a melhor performance de todos os eucaliptos plantados abaixo de 1500 m de altitude.

DARROW (1994) relatou a resistência de *Eucalyptus smithii* a geadas na África do Sul, apresentando 16% de mortalidade ao contato com as geadas no primeiro inverno após o plantio e, ao três anos de idade observou-se a altura média de 7,9 metros para esta espécie.

YONGQI et al. (1994) estudaram o desenvolvimento de *Eucalyptus smithii* de várias procedências na Província de Yunnan (China), de 1970 a 2030 m de altitude com temperatura média anual de 15 °C apresentando bons resultados (tab. 3).

Na África do Sul, várias espécies de *Eucalyptus* podem ter suas folhas infectadas pelo fungo *Botryosphaeria dothidea*, sendo que todas as partes das folhas são infestadas causando extensivos dessecamientos nos ramos após desenvolvimento de stress e formação de cancro nos troncos, podendo isto provocar um impacto econômico devido principalmente à

deformidade da árvore, diminuição no rendimento e no volume de madeira (SMITH; KEMP; WINGFIELD, 1994; SMITH; WINGFIELD; COUTINHO, 1997).

TABELA 2 - DESENVOLVIMENTO DE *Eucalyptus smithii* NO SUL-LESTE DA TRANSVAAL, ÁFRICA DO SUL

Região e Idade das Plantas	Altitude (m)	Tipo de Solo	Altura Média da Planta (m)	Sobrevivência (%)	Área Basal m ² /ha
GE10: Idalia (25 meses)	1400	Profundo	10,16	97	11,74
GE11: Idalia (25 meses)	1310	Raso	8,24	100	8,50
GE12: Moolman (25 meses)	1230	Profundo	11,16	100	12,69
GE13: Mooman (25 meses)	1180	Raso	7,15	97	4,55
GE14: The Gem (24 meses)	1650	Profundo	8,01	97	8,49
GE15: The Gem (24 meses)	1580	Raso	3,62	88	1,57

FONTE: SCHÖNAU e PURNELL (1987).

TABELA 3 - DESENVOLVIMENTO DE *Eucalyptus smithii* NA PROVÍNCIA DE YUNNAN, CHINA

Lote	Proced.	Latit.	Longit.	Altit.	Altura (m)		DAP (cm)		Sobrevivência (%)		Danos (%)	
Idade												
					1,5 anos	4,5 anos	1,5 anos	4,5 anos	1,5 anos	4,5 anos	1,5 anos Pestes	4,5 anos Geadas
15091	ACT	36°00'	150°00'	450m	2,29	6,1	2,4	6,7	99	79	1,4	35
15059	NSW	36°18'	150°01'	305m	1,97	5,7	2,0	5,6	94	65	1,4	35
15092	NSW	34°42'	150°10'	650m	2,08	5,8	2,2	5,1	95	78	0	40
15090	NSW	37°05'	149°47'	220m	1,78	4,8	2,0	4,9	93	56	1,4	42

FONTE: YONGQI et al. (1994).

ATKINSON, NIXON e SHAW (1992), estudaram, na África e Indo-Malásia, a tolerância de 33 espécies de eucaliptos ao ataque de *Macrotermes natalensis*. Concluíram que o *Eucalyptus smithii* foi tolerante a moderadamente tolerante, estando entre as 3 espécies mais tolerantes. LUNDQUIST e FOREMAN (1986) consideraram o *Eucalyptus smithii* suscetível ao ataque do fungo *Hainesia lythri* nas folhas, 5 dias após inoculação com uma suspensão de esporos. Os danos foram de 40% nas folhas jovens e 60% nas folhas velhas.

CARNEGIE et al. (1998) estudaram a incidência de patógenos do gênero *Mycosphaerella* nas folhas de 14 espécies de eucaliptos no sul-leste da Austrália, concluindo que o *Eucalyptus smithii* foi altamente resistente.

BAYLEY e SNELL (1997) observaram alta mortalidade em *Eucalyptus smithii* provenientes de viveiro e recém plantados, em algumas regiões da África do Sul, causada pelo apodrecimento das raízes por fungos, principalmente *Phytophthora cinnamomi* e *Pythium spp.*

O *Eucalyptus smithii* ainda possui o alburno suscetível ao ataque de *Lyctus borers* (BOLAND et al., 1984).

- Biomassa e coleta de pólen de *Eucalyptus smithii*

SCHÖNAU e BODEN (1982) pesquisaram sobre a quantidade de biomassa de 5 espécies de eucaliptos com 4 a 5 anos de idade em Transvaal Highveld (África do Sul) à 1585 m de altitude, em solos pobremente drenados e invernos com alta incidência de geadas. O *Eucalyptus smithii* apresentou: teor de umidade nos galhos e ramos mortos: 10,2%; galhos e ramos vivos: 54,3%; folhas: 56,5%; casca do tronco: 57,8%; e para a madeira do tronco 55,2%. A densidade da madeira foi de 0,461 g/cm³. Quanto a biomassa, o *Eucalyptus smithii* apresentou grande quantidade de galhos e ramos (quadro 2).

QUADRO 2 – BIOMASSA ESTIMADA DAS PARTES AÉREAS DE *Eucalyptus smithii* COM DIFERENTES ALTURAS

DAP (cm)	Altura (m)	Biomassa Seca (kg)	% dos Componentes de Biomassa, acima do Solo					
			Galhos/Ramos Mortos	Galhos/Ramos Vivos	Folhas	Casca do Tronco	Madeira do Tronco	Total %
4	5,7	2,6	11,2	9,3	9,5	11,3	57,7	100
5	6,2	5,6	6,7	23,9	11,7	9,2	48,5	100
6	6,7	9,1	5,2	29,0	12,5	8,4	44,9	100
7	7,2	13,4	4,4	31,5	12,8	8,1	43,2	100
8	7,7	18,3	4,0	32,9	13,0	7,9	42,2	100
9	8,3	23,8	3,7	33,8	13,2	7,8	41,5	100

FONTE: SCHÖNAU e BODEN (1982).

MENCK, ODA e MARCHI (1990) coletaram pólenes maduros com o máximo de viabilidade para armazenamento e possibilidade de cruzamentos específicos. Estudaram métodos diferentes da retirada e germinação dos grãos de pólen dos botões florais de seis espécies de eucaliptos. O *Eucalyptus smithii* foi a espécie que mais se destacou, apresentando 52,2% de germinação dos grãos de pólen pela coleta direta a partir de botões florais com aspecto de amadurecimento, logo após a colheita e 83,22% de germinação a partir da coleta indireta efetuada em casa de vegetação nas quais os pólenes das anteras eram extraídos das flores à medida em que estas abriam-se.

3.1.2.1 Óleo essencial de *Eucalyptus smithii*

O óleo essencial de *Eucalyptus smithii* é destilado das folhas e ramos terminais por arraste a vapor e seus principais componentes são: 1,8-cineol (75-84%), α -pineno (4-6%), limoneno (0,2-0,6%), α -terpineol (1,5-2,5%) e p -cimeno (0,4-2%), aromadendreno (0,2-

0,7%), globulol (0,6-2,4%), havendo também uma pequena quantidade de isovaleraldeído (0,1 a 0,4%). O rendimento com base no peso fresco do material vegetal é de 2,4 a 3,0% (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991).

Foram observadas diferenças quantitativas e qualitativas a partir de material vegetal destilado com métodos e locais diferentes (tab. 4). O *Eucalyptus smithii* apresenta rendimento em óleo essencial na ordem de 2,0%, com teor de 1,8-cineol de 75-80%, podendo ser, portanto, um substituto para o óleo essencial de *E. globulus*, extensamente cultivado em regiões de clima temperado mas que, no Brasil, não se desenvolve bem a não ser no sul do País (KOKETSU; GONÇALVES, 1991).

Segundo IGARASHI (1986), o óleo essencial de *Eucalyptus smithii* apresenta de 70 a 80% de 1,8-cineol. PENFOLD (1965) encontrou nas folhas com ramos terminais de *E. smithii* 2% de óleo essencial, sendo necessário a retificação do mesmo devido à presença de aldeídos voláteis. Na Guatemala, o óleo essencial de *E. smithii* apresenta rendimento em torno de 1,75% sobre o material fresco (PENFOLD, 1965).

Segundo PARSONS (1993), os eucaliptos mais populares para a produção de óleo essencial na África do Sul são: *Eucalyptus dives*, *E. smithii*, *E. citriodora*, *E. macarthuri*, *E. australiana* e *E. globulus*, nesta ordem.

CHALCAT et al. (1997) obtiveram 84,27% de 1,8-cineol para o óleo essencial de *Eucalyptus smithii* em Ruanda, na África. CHISOWA (1997) extraíndo o óleo essencial de *E. smithii* na Zâmbia (África) obteve um rendimento em óleo essencial de 7,10% (base peso seco), com 86,4% de 1,8-cineol.

WANG, WANG e XIE (1997) analisaram o rendimento de óleo essencial a partir das folhas frescas de 5 espécies de eucaliptos no sudoeste da China. O *Eucalyptus smithii*, com rendimento de 1,92% em óleo essencial e com 81,85% de 1,8-cineol foi superior ao *E. globulus*, principal espécie cultivada para a extração de óleo essencial de eucalipto, sendo indicado para plantações para a produção de essência ou em combinação com programas florestais locais.

Na Suazilândia, a partir de cerca de 1000 kg de folhas de *Eucalyptus smithii* obtém-se 30 a 35 litros de óleo essencial e um hectare produz 210 litros (DLAMINI, 2001). Em Kivu, seção do Congo Belga, o *E. smithii* é a espécie mais importante na produção de óleo essencial de eucalipto, na qual um hectare produz, com 2 cortes por ano, de 150 a 600 kg de óleo essencial/ano. No entanto, o rendimento em relação ao material fresco é de apenas 0,9% devido aos materiais inertes inclusos na destilação. A destilação das folhas requer de 3 a 4

TABELA 4 - COMPOSIÇÃO E RENDIMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*

COMPOSIÇÃO DO ÓLEO	BOLAND, BROPHY e HOUSE, 1991 Austrália	BIGNELL, DUNLOP e BROPHY, 1998 Austrália	CHALCAT et al., 1997 - Ruanda	CHISOWA, 1997 Zâmbia	WANG, WANG e XIE, 1997 China
RENDIMENTO	2,4-3,0%	0,73%	2,50%	7,10%	1,92%
1,8-Cineol (Eucaliptol)	80,54	77,50	84,27	86,40	81,85
Limoneno	2,84	1,20	2,86	4,10	5,86
α -Pino	2,57	0,40	1,02	2,80	5,04
α -Terpineol	1,52	-----	-----	2,70	2,23
Globulol	2,36	0,10	-----	-----	-----
β -Eudesmol	1,78	6,30	0,42	0,20	-----
p-Cimeno	0,78	0,50	1,27	0,70	1,83
Aromadendreno	0,71	-----	0,01	-----	-----
trans-Pinocarveol	0,49	2,90	0,36	0,10	0,16
cis-mentha-1,8-dien-6-ol	0,03	-----	-----	-----	-----
Isovaleraldeído	0,10	-----	-----	0,60	-----
cis-Mentha-1(7),8-dien-2-ol	0,40	1,40	-----	-----	-----
α -Eudesmol	0,34	0,09	0,13	0,10	-----
Epiglobulol	0,26	-----	-----	-----	-----
Pinocarvona	0,18	1,60	-----	traços	-----
Espatuleno	0,18	0,30	0,03	-----	-----
Alloaromadendreno	0,16	0,08	-----	-----	-----
Viridiflorol	0,15	0,08	-----	-----	-----
δ -Terpineol	0,14	-----	0,01	-----	-----
γ -Terpineno	0,12	0,06	0,04	0,10	-----
β -Pino	0,11	-----	0,15	0,30	0,45
γ -Eudesmol	0,11	-----	-----	traços	-----
Terpinen-4-ol	0,11	0,10	0,30	0,40	0,38
Canfeno	0,10	-----	0,02	-----	0,05
Verbenona	0,09	-----	-----	-----	-----
α ,p-dimetil Estireno	0,06	0,08	-----	-----	-----
δ -Cadineno	0,06	0,20	-----	-----	-----
Ledol	0,05	-----	-----	-----	-----
Terpinoleno	0,04	-----	0,06	traços	-----
trans-mentha-1,8-dien-6-ol	0,03	-----	-----	-----	-----
trans-mentha-1(7),8-dien-2-ol	0,49	-----	-----	-----	-----
p-Cimen-8-ol	0,03	0,10	0,10	-----	-----
cis-p-Menth-2-en-1-ol	-----	0,10	-----	-----	-----
Mirtenal	-----	0,07	-----	-----	-----
Humuleno	-----	0,30	-----	-----	-----
Viridifloreno	-----	0,10	-----	-----	-----
Borneol	-----	0,09	-----	-----	0,11
α -Selineno	-----	0,10	-----	-----	-----
α -Muuroleno	-----	0,40	-----	-----	-----
Piperitona	-----	0,07	-----	-----	0,37
Carvona	-----	0,30	traços	-----	-----
Mirtenol	-----	0,10	-----	-----	-----
trans-p-Mentha-1(7),8-dien-2-ol	-----	1,30	0,23	-----	-----
trans-p-Mentha-1,8-dien-2-ol	-----	0,20	-----	-----	-----
Tasmanona	-----	0,06	-----	-----	-----
Torquatona	-----	0,07	-----	-----	-----
α -Tujeno	-----	-----	1,00	-----	0,06
δ -3-Careno	-----	-----	0,02	-----	-----
Mirceno	-----	-----	0,02	0,50	-----
α -Terpineno	-----	-----	0,10	-----	-----
(E)-2-Hexenal	-----	-----	0,10	-----	-----
(Z)- β -Ocimeno	-----	-----	0,04	traços	-----
(Z)-3-Hexenol	-----	-----	0,27	traços	-----
Linalol	-----	-----	0,04	0,10	0,07
β -Cariofileno	-----	-----	0,06	-----	-----
α -Terpinil Acetato	-----	-----	1,51	traços	-----
cis-p-Menth-1(7),8-diene-2-ol	-----	-----	0,16	-----	-----
Timol	-----	-----	0,08	-----	-----
δ -Cadinol	-----	-----	0,08	-----	-----
T-Muurolo	-----	-----	0,08	-----	-----
Hexanol	-----	-----	-----	0,10	-----
Geraniol	-----	-----	-----	0,20	-----
Mireno	-----	-----	-----	-----	0,19
Δ -Careno	-----	-----	-----	-----	0,22
α-Felandreno	-----	-----	-----	-----	0,06
% TOTAL	96,93 %	96,30%	94,84%	99,40%	98,93%

horas. O óleo cru é retificado posteriormente em destilarias comerciais, perdendo-se cerca de 20% deste óleo para satisfazer os requerimentos de várias farmacopéias com relação ao conteúdo de 1,8-cineol e outras propriedades (PENFOLD, 1965).

WANG e WANG (1997) analisaram 9 espécies de eucaliptos de 16 procedências, na China, para a produção de óleo essencial e concluíram que o *Eucalyptus smithii* foi a espécie com maior potencial para esta finalidade.

O óleo essencial de *Eucalyptus smithii* é um líquido claro a amarelo pálido; com odor canforáceo e de pH neutro; ponto de fulgor ou de inflamação de 40 °C; densidade a 20 °C de 0,918 a 0,928; rotação óptica a 20 °C de +4,5° a + 5,4°; índice de refração a 20° de 1,460 a 1,465; inflamável, estável quimicamente, não reativo com a água. O óleo essencial concentrado de *E. smithii* e seus vapores podem irritar a pele sob a exposição prolongada e aos olhos com possíveis danos (PHOENIX NATURAL PRODUCTS LTD, 2001).

PENFOLD (1965) refere-se a *Eucalyptus smithii* com 75 a 80% de cineol e as seguintes características físico-químicas: densidade (d_{15}^{15} : 0,9160 a 0,9198); rotação óptica (+ 4,48° a + 5,36°); índice de refração a 20 °C (1,460 a 1,465), solubilidade em álcool 70% (solúvel em 1 volume). Este autor cita também uma amostra de *E. smithii* da Guatemala com 78,4% de 1,8-cineol e as seguintes características: densidade (d_{25}^{25} : de 0,916); rotação óptica de +4,8°; índice de refração a 20 °C de 1,4618; solubilidade a 25 °C: solubilidade em álcool 70% (solúvel em 2 a 2,5 volumes).

O *Eucalyptus smithii* apresenta óleo essencial benéfico contra dores musculares (TRIAD, 2002) e pode ser utilizado por, relativamente, longo período de tempo. Algumas autoridades recomendam seu uso a favor do sistema respiratório e do sistema imunológico e várias autoridades recomendam o uso do óleo essencial retificado, devido a sua brandeza, como um estimulante ou sedativo e, como um bom desinfetante em salas através de difusores, no entanto em locais fechados demais pode provocar tosse (NATURE'S GIFT, 2001).

3.1.2.2 *Eucalyptus smithii* no Brasil

O *Eucalyptus smithii* é uma das espécies exploradas no Brasil para a obtenção de óleo essencial de eucalipto (FERREIRINHA, 1961; COSTA, 1975; COSTA, 1986; KOKETSU; GONÇALVES, 1991), sendo São Paulo um estado produtor desta essência (SANTOS; LABATE; SILVA, 1961; RIZZINI; MORS, 1995).

SILVA e BRITO (2001) estabeleceram, na Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga/SP, da ESALQ/USP, através de plantios homogêneos de *Eucalyptus smithii* e outras 8 espécies de eucaliptos, estudos para avaliação do crescimento primário e secundário, número de falhas, forma e quantidade de folhas de cada espécie e o potencial destas para a produção de óleo essencial.

HIGA et al. (1997), estudaram o comportamento de 20 espécies de eucaliptos plantados a partir de sementes, no ano de 1984 em Campo do Tenente - PR, região de ocorrência de geadas com temperaturas até - 7,9 °C. A sobrevivência e a percentagem de árvores bifurcadas foram avaliadas aos 8 anos de idade, como indicativos de adaptabilidade ao local de implantação. Entre os eucaliptos pesquisados, o *Eucalyptus smithii* procedente de Mt. Dromedary (NSW) com latitude 36°17'S e altitude de 305 m apresentou baixo potencial de sobrevivência (24,42%) e com bifurcação em 7,05% das árvores sobreviventes.

Em Santa Catarina, o *Eucalyptus smithii* é indicado para testes de comprovação na Região Bioclimática 1 (quadro 3). Em talhões experimentais instalados em Lages - SC, o *E. smithii* procedente de Mittagong (NSW) destacou-se entre as espécies testadas, com incremento anual de 51,05 m³/ha.ano (EMBRAPA, 1988). No Paraná, esta espécie é recomendada para pesquisa nas Regiões Bioclimáticas 1 e 2 (quadro 4), nas quais devem ser testadas procedências de diferentes altitudes (EMBRAPA, 1986).

FONSECA, FERREIRA e KAGEYAMA (1979) apresentaram informações do *Eucalyptus smithii* procedente de Mittagong (NSW), lote 10309, latitude 34 °27' S, Longitude 150 °27'E e altitude de 660 m. Os ensaios foram instalados pelo IPEF na Cia Papel e Celulose Catarinense S.A., em Santa Catarina, com plantio tardio, em abril de 1973, com geadas neste ano. Aos 5 anos de idade, esta espécie apresentou excelente comportamento na sub-Região 1 de Santa Catarina: altura de 19,97 m; DAP de 16,50 cm; volume real com casca de 255,18 m³/ha; incremento volumétrico médio anual (IMA) de 51,05 m³/ha/ano e; 29,12% de falhas.

QUADRO 3 - CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES BIOCLIMÁTICAS DE SANTA CATARINA

Região	Localização	Altitude Predominante (m)	Temperatura °C			Precipitação Média Anual (mm)
			Média Anual	Média do Mês mais Frio	Mínima Absoluta	
1	Planalto Catarinense	600 a 1300	12 a 19	8 a 14	-12	1300 a 2400
2	Alto Vale do Rio Itajaí	350 a 800	17 a 19	13 a 15	-5,5	1600 a 1800
9	Bacia do Rio Uruguai	200 a 600	16,5 a 19,5	13 a 15	-5,5	1600 a 2400
7	Litoral	0 a 500	17 a 22	13 a 17	-4	1200 a 2000

FONTE: EMBRAPA (1988).

QUADRO 4 - CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES BIOCLIMÁTICAS DO PARANÁ

Região	Localização	Altitude Predominante (m)	Tipo de Clima (Sistema de Holdrige)	Temperatura °C		Geadas por Ano	Precipitação Média Anual (mm)
				Média Anual	Mínima Absoluta		
1	Centro-Sul do Paraná	650	Tipo	15	-5	1	1250
		a	Temperado	a	a	a	a
		1100	Quente	19	-10	40	2500
2	Transição das Regiões 1-3 e 1-4.	550	Tipo	17,5	-3	0	1200
		a	Temperado	a	a	a	a
		900	Quente	-3 a -6	-6	28	2000
3	Oeste do Planalto de Guarapuava	200	Tipo	19,5	-3	0	1400
		a	Temperado	a	a	a	a
		500	Quente	21,5	-5	15	1900
4	Planalto Norte do Paraná	400	Tipo	19,5	-2	0	1100
		a	Temperado	a	a	a	a
		800	Quente	21,5	-5	11	1700
5	Vale do Rio Ribeira	150	Tipo	19		0	1200
		a	Temperado	a	-2,4	a	a
		650	Quente	21		7	1600
6	Extremo Norte do Paraná	250 a 600	Tipo	20,5	0	0	1100
			Temperado	a	a	a	a
			Quente	22,5	-4	6	1600
7	Litoral	0	Subtropical	18		raras	1600
		a	Úmido e	a	-0,9		a
		500	muito Úmido	22			2000

FONTE: EMBRAPA (1986).

3.1.3 Anatomia da Madeira e da Casca

A anatomia do xilema fornece informações básicas indispensáveis para o conhecimento tecnológico e utilização adequada da madeira (MARCHIORI, 1980).

Na madeira de algumas espécies de *Eucalyptus* podem ser observados veios de kino, que são ductos especiais, formados na região cambial como um resultado de injúria. Desenvolvem-se numa região traumática de parênquima, sendo produzidos pelo câmbio após

estímulos dados para sua formação, nas quais grupos de células acumulam grandes quantidades de polifenóis (FAHN, 1985). Os veios de kino também podem ocorrer na casca (TIPPET, 1986). O kino recém formado apresenta usualmente consistência grossa, similar ao mel, variando de amarelado à vermelho-escuro (JUNIKKA, 1994). TIPPET (1986) relaciona a presença de veios de kino em *Eucalyptus spp*, entre eles, o *E. smithii*.

3.1.3.1 Anatomia da madeira do gênero *Eucalyptus*

ALFONSO (1987) caracterizou, anatomicamente, a madeira de 20 espécies de *Eucalyptus*, apresentando a seguinte descrição geral para estes eucaliptos:

A madeira apresenta pouco brilho, cheiro e gosto indistintos, grã direita a revessa, textura fina a média., sendo macia, moderadamente dura a dura ao corte. O alburno e cerne são indistintos a distintos quanto a cor.

Os poros apresentam seção oval a circular, com distribuição difusa; na maioria das espécies apresentam-se exclusivamente solitários, somente algumas espécies com poros solitários e múltiplos de 2 a 4; normalmente em disposição diagonal e eventualmente em disposição radial ou em cacho; poucos a muito numerosos; muito pequenos a médios; obstruídos por tilas.

O parênquima axial é do tipo paratraqueal escasso, vasicêntrico, formando confluências curtas e oblíquas a, eventualmente, aliforme podendo formar confluências, apotraqueal difuso esparso ou ainda, ocasionalmente difuso sub-agregado; seriado com 2 a 9 células por série; conteúdo formado por cristais romboidais eventualmente presentes em células comuns ou em séries cristalíferas e substância tanífera.

Os elementos vasculares são muito curtos a muito longos, com apêndices ausentes ou presentes em uma ou ambas as extremidades, curtos a longos. A placa de perfuração é do tipo simples; as pontoações intervasculares são pequenas a grandes, alternas, circulares a ovaladas, de abertura horizontal, circular a lenticular e guarnecida; as pontoações raio-vasculares são pequenas a grandes, arredondadas e alongadas, simples e com aréolas incompletas.

Os raios são homogêneos, sendo os do tipo heterogêneo menos freqüentes; unisseriados, localmente bisseriados e bisseriados; extremamente finos a finos; extremamente baixos; pouco a muito numerosos; preenchidos eventualmente por substâncias taníferas.

Há a presença de fibras libriformes em poucas espécies e fibrotraqueídes nas outras; extremamente curtas a curtas; estreitas e médias; paredes delgadas, espessas e muito espessas. Traqueídes vasicêntricos presentes, podendo apresentar semelhanças com o elemento de vaso quanto ao comprimento e diâmetro tangencial.

Os canais axiais traumáticos estão presentes em determinadas espécies. As camadas de crescimento são indistintas a distintas, demarcadas por zonas fibrosas caracterizadas pela ausência de poros ou uma diminuição em sua frequência.

As medições microscópicas dos elementos do xilema destas espécies de eucaliptos estão citadas no quadro 5.

3.1.3.2 Anatomia da casca

Casca é um termo não técnico para designar todos os tecidos que ficam fora do cilindro do lenho (PINHEIRO, 1999). Em geral, apresenta menos fibras do que a madeira, sendo conseqüentemente menos resistente (ROTH, 1981). Na taxonomia, a casca pode fornecer subsídios para a separação de diferentes espécies, gêneros e famílias (RICHTER et al., 1996).

A principal função da casca refere-se à translocação de material orgânico, concentrada na camada mais interna, sendo também importante a translocação de substâncias através dos raios floemáticos. Provavelmente, a casca poderia armazenar, como depósito de material orgânico óleo e amido, entre outras substâncias, mobilizando-os durante períodos de necessidade, como a formação de folhas e a inanição (ROTH, 1981).

Muitas fibras do floema têm valor comercial, como as fibras do linho (CUTTER, 1986) e muitas espécies apresentam tanino e outras substâncias na casca (MARCHIORI, 1980). A casca pode ser usada em chapas de fibras, chapas de partículas, cortiça, etc (ROTH, 1981). A cortiça pode ser usada no comércio como rolhas, pois apresenta paredes delgadas e cheias de ar, sendo notável a impenetrabilidade da água por causa da suberina e resistência a óleos, apresentando peso leve e qualidades termoisolantes (ESAU, 1976).

QUADRO 5 - CARACTERÍSTICAS DE VINTE ESPÉCIES DE EUCALIPTOS CULTIVADOS NO BRASIL

	Poros/Elementos Vasculares			Pontoações		Raios				Fibras		
	Poros/ mm ²	Diâmetro Tangencial um	Comprim. um	Inter- Vasc. (um)	Ralo - Vascular (um)	Largura (um)	Comprimento (mm)	Altura em células	Raios (por mm)	Comprimento (mm)	Largura (um)	Lume (um)
^a <i>E. alba</i>	4-10-17	67-115-146	226-406-628	6-8-11	9-10-12	9-17-26	0,11-0,29-0,60	6-15-29	12-17-21	0,78-1,04-1,31	11-16-22	3-5-9
^j <i>E. alba</i>	7-12-18	35-108-126	267-507-770	7-9-11	9-11-13	10-18-28	0,11-0,23-0,43	4-10-17	8-12-17	0,80-1,14-1,60	12-19-28	4-9-15
^b <i>E. camaldulensis</i>	10-15-22	73-105-134	201-408-634	7-8-10	7-9-11	9-15-23	0,14-0,25-0,54	5-11-24	9-14-20	0,63-0,88-1,15	10-15-20	4-6-10
^c <i>E. citriodora</i>	6-11-18	75-125-173	238-462-710	5-6-8	5-6-8	12-21-34	0,15-0,26-0,51	5-13-22	8-13-18	0,59-0,96-1,49	11-16-24	2-4-9
ⁱ <i>E. cloeziana</i>	13-20-27	60-102-144	300-429-662	6-8-11	7-8-10	7-14-22	0,11-0,24-0,50	5-11-23	8-12-17	0,84-1,15-1,44	14-20-27	3-8-14
^m <i>E. crebra</i>	10-15-23	48-89-136	190-525-940	6-8-9	10-12-15	11-15-20	0,11-0,17-0,31	3-7-13	8-11-16	0,60-0,97-1,25	14-20-25	2-6-11
^d <i>E. deanei</i>	9-16-24	36-100-143	195-362-542	6-8-11	8-10-13	13-21-30	0,10-0,23-0,47	3-11-23	11-15-20	0,62-0,90-1,23	11-15-20	4-7-11
^b <i>E. dunnii</i>	6-10-14	44-103-141	256-506-758	5-7-9	7-9-12	10-18-25	0,13-0,26-0,43	4-12-21	10-13-18	0,92-1,24-1,53	13-17-22	4-7-12
^e <i>E. grandis</i>	11-15-21	88-128-164	374-670-984	5-7-9	5-6-8	8-13-22	0,12-0,29-0,45	4-13-23	5-9-14	0,67-1,04-1,46	14-19-25	6-10-15
^e <i>E. maculata</i>	3-9-15	79-119-170	239-474-749	6-7-9	6-8-11	9-15-25	0,11-0,22-0,39	4-10-19	7-11-14	0,60-0,99-1,36	11-16-22	3-5-10
^b <i>E. microcorys</i>	8-13-20	64-102-131	296-621-924	7-9-12	8-10-12	8-13-20	0,12-0,22-0,39	4-9-16	8-12-16	0,83-1,23-1,55	14-19-25	5-8-14
^f <i>E. paniculata</i>	8-12-17	90-118-147	242-522-824	4-5-8	4-5-7	8-14-21	0,11-0,20-0,34	4-10-19	7-11-16	0,66-1,05-1,38	12-18-22	1-5-10
^g <i>E. pilularis</i>	8-15-23	49-66-162	232-514-798	6-8-10	9-11-14	7-15-26	0,08-0,20-0,39	3-9-17	7-12-18	0,76-1,13-1,43	14-20-28	4-8-16
^b <i>E. propinqua</i>	13-22-32	52-84-110	230-439-678	6-8-10	6-8-9	9-16-25	0,10-0,25-0,48	4-12-27	11-16-20	0,75-0,99-1,22	12-16-20	4-6-8
^d <i>E. punctata</i>	11-15-26	41-88-128	248-476-698	6-8-12	8-11-13	9-18-24	0,12-0,25-0,43	4-13-25	11-15-19	0,79-1,06-1,30	11-16-20	4-7-10
^b <i>E. resinifera</i>	9-14-17	48-97-130	232-535-796	6-8-10	8-10-12	9-15-25	0,09-0,21-0,39	3-9-19	8-13-17	0,88-1,14-1,39	12-17-22	4-7-13
^e <i>E. robusta</i>	5-9-14	87-123-161	308-539-848	5-7-9	5-7-9	13-16-26	0,16-0,33-0,50	3-12-26	7-12-16	0,88-0,99-1,33	12-18-23	4-9-13
^h <i>E. saligna</i>	4-8-13	110-147-186	276-520-812	6-8-10	6-8-9	13-21-33	0,16-0,32-0,42	4-12-23	7-11-15	0,57-1,01-1,35	12-18-24	3-8-14
^m <i>E. siderophloia</i>	3-11-19	58-106-153	280-511-850	6-7-9	7-9-12	9-17-26	0,11-0,19-0,41	3-9-17	11-15-19	0,60-1,09-1,53	9-17-22	2-3-5
ⁱ <i>E. tereticornis</i>	7-13-19	65-96-130	260-463-732	6-7-9	6-7-10	9-14-25	0,11-0,24-0,51	4-11-24	11-16-21	0,81-1,08-1,36	11-14-17	3-4-7
^j <i>E. urophylla</i>	6-11-15	84-116-148	217-477-800	7-9-11	7-10-12	10-16-20	0,13-0,25-0,42	4-10-18	7-11-15	0,67-1,08-1,49	13-19-25	3-8-14

FONTE: Adaptado de ALFONSO (1987).

NOTA: Coleta realizada nas cidades do Estado de São Paulo (a: Assis; b: Araraquara; c: Santa Bárbara do Rio Claro; d: Avaré; e: Mogi-Guaçu; f: Pederneiras; g: Jaú; h: Itirapina; i: Itapetininga; j: São Paulo); e no Estado de Minas Gerais (l: cidade não especificada; m: Azurita).

- Floema

Juntamente com o xilema, o floema constitui o sistema vascular de condução das plantas. O xilema funciona principalmente na condução de água e o floema na condução de produtos da fotossíntese (FAHN, 1985), sendo o principal tecido condutor de substâncias elaboradas em plantas vasculares (MARCHIORI, 1980).

Alguns autores separam o floema em floema interno e floema externo. O floema interno corresponde ao floema funcional localizado próximo ao câmbio e caracterizado por células floemáticas vivas, tais como os elementos crivados e as células parenquimáticas axiais (ROTH, 1981). O floema externo corresponde à parte mais externa do floema, não funcional, caracterizado pela presença de esclereídeos, especialização e expansão das células parenquimáticas tanto axiais quanto radiais (ALFONSO, 1987). Também podem estar associados ao floema, as cavidades secretoras e tecidos de vários tipos (CUTTER, 1986).

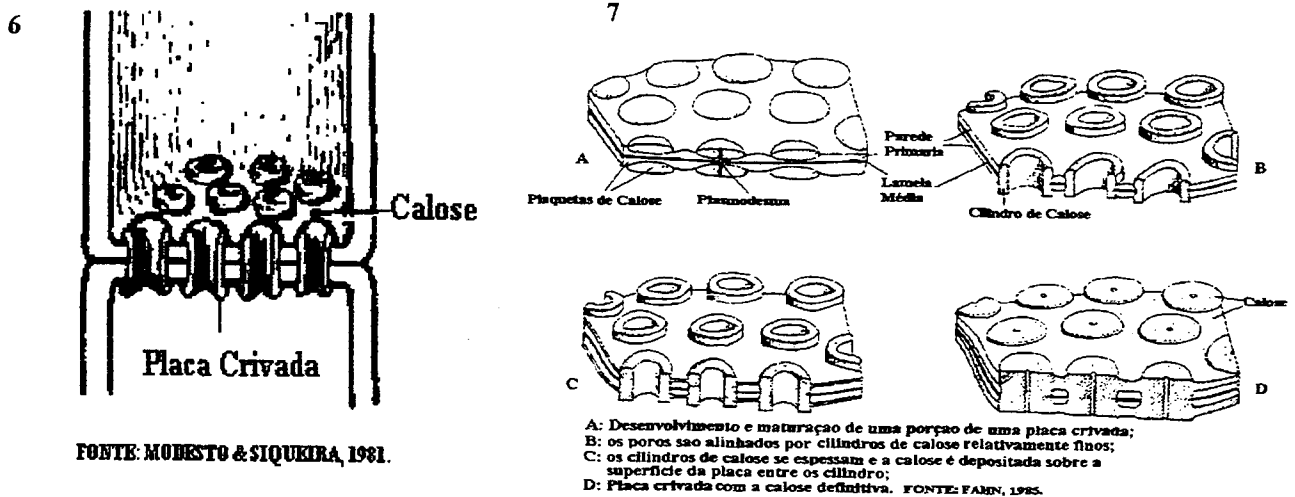
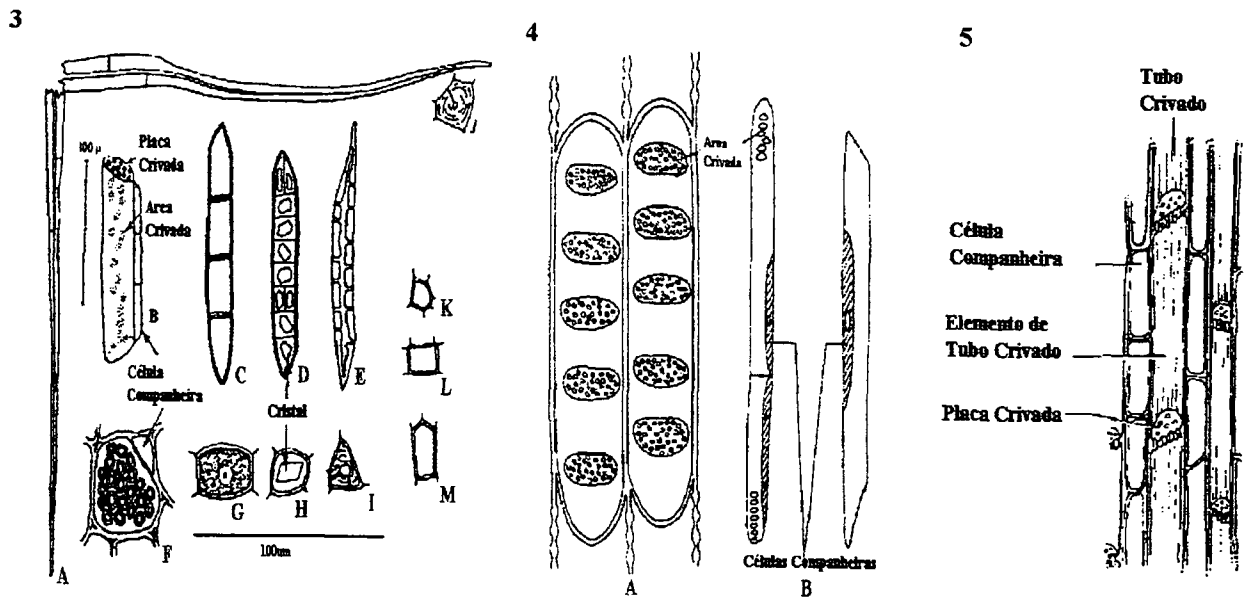
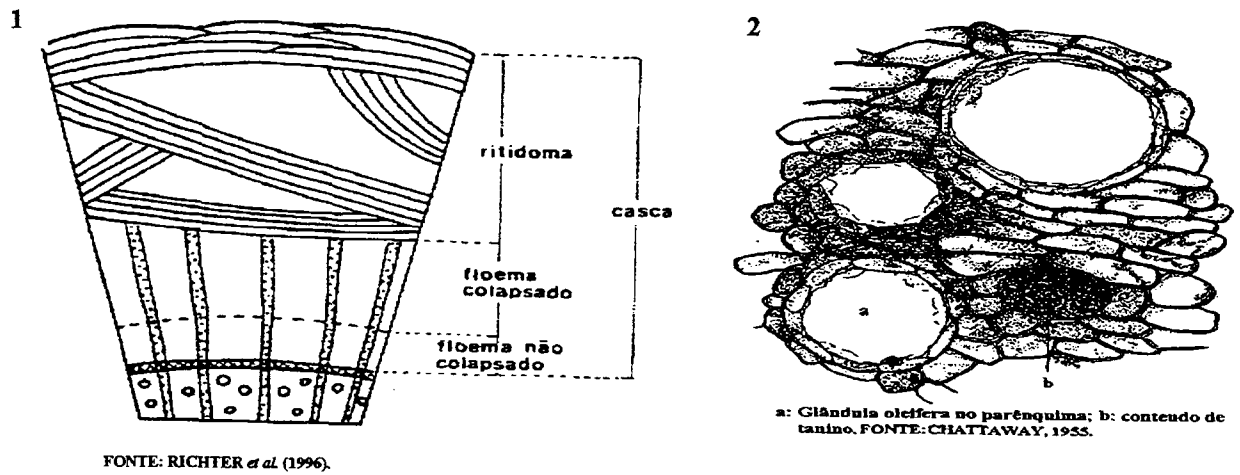
a) Floema secundário

Vários autores separam o floema secundário em função do colapso de seus componentes, em floema secundário colapsado e floema secundário não-colapsado (TROCKENBRODT, 1990; JUNIKKA, 1994; RICHTER et al., 1996).

RICHTER et al. (1996) elaboraram uma proposta de descrição da casca, devido ao crescente número de trabalhos nesta área e diante da necessidade de uma uniformização e padronização dos termos utilizados de forma que as comparações das descrições possam ser estabelecidas entre os diferentes estudos. Consideraram os seguintes termos:

- Floema secundário colapsado (fig. 2.1): região do tecido condutor floemático secundário, cujos componentes celulares se apresentam colapsados. Esta designação substituiria termos como floema não condutor, inativo ou não funcional;
- Floema secundário não-colapsado (fig. 2.1): região do tecido condutor floemático secundário, situada próximo ao câmbio vascular, cujos componentes celulares não apresentam-se colapsados. Esta designação substituiria termos como floema condutor, ativo ou funcional.

FIGURA 2 - ELEMENTOS DO FLOEMA



1 - Casca; 2 - Glândula Oleífera; 3 a 5 - Células do Floema Secundário; 6 - Calose; 7 - Desenvolvimento da Calose.

Segundo ESAU (1976), o floema secundário (figs. 2.3 a 2.5) é formado por:

- Sistema Axial: formado por elementos crivados (células crivadas; elementos de tubos crivados); células de esclerênquima (fibras; esclereídeos); células de parênquima;
- Sistema Radial: formado por células de parênquima (ESAU, 1976).

a.1) Elementos Crivados

Os elementos crivados são responsáveis pela condução de produtos da fotossíntese (FAHN, 1985) na direção axial (RICHTER et al., 1996). O termo crivado refere-se aos grupos de poros denominados áreas crivadas (MODESTO e SIQUEIRA, 1981). Estas áreas crivadas encontram-se nas paredes dos elementos crivados que são também caracterizados pela ausência de núcleos nos protoplastos adultos (ESAU, 1976). As paredes dos elementos crivados são usualmente constituídas, principalmente, por celulose e pectina (FAHN, 1985). Os elementos crivados possuem, às vezes, paredes espessas chamadas “nacaradas” devido ao brilho que apresentam (CUTTER, 1986). Estão associadas aos elementos crivados as seguintes estruturas:

- Área Crivada: é uma área de parede celular (fig. 2.4) com grupos delimitados de poros estreitos que representam campos primários de pontuação e que apresentam uma estrutura bastante uniforme, sendo os poros localizados na parede de um elemento crivado, revestidos ou não por calose (MODESTO; SIQUEIRA, 1981; RICHTER et al., 1996). As paredes dos elementos de tubo crivado possuem poros e são atravessadas por filamentos que ligam os protoplastos das células adjacentes. As áreas crivadas com poros e filamentos maiores ocorrem geralmente nas paredes terminais e ocasionalmente nas laterais (ESAU, 1976). A parte da parede que possui áreas crivadas com poros maiores, altamente especializados, é denominada placa crivada (MODESTO; SIQUEIRA, 1981);
- Poros-de-Crivo: ou orifícios-de-crivo substitui o termo poros, que é utilizado amplamente nos estudos do xilema. Os poros-de-crivo são orifícios ou cavidades existentes na área crivada (fig. 2.4) dos elementos crivados (RICHTER et al., 1996), nas quais interconectam elementos crivados entre si ou conectam elementos crivados a outras células adjacentes (TROCKENBRODT, 1990). Localizam-se nas paredes das células que compõem os elementos crivados (MODESTO; SIQUEIRA, 1981);

- Calose: é um carboidrato encontrado nos elementos crivados em associação à placa crivada (fig. 2.6) e áreas crivadas laterais (CUTTER, 1986). É a obliteração dos poros da placa crivada pela deposição por este polissacarídeo que ocorre quando um vaso liberiano está velho ou lesado (MODESTO; SIQUEIRA, 1981). Cada filamento da área crivada é circundado por calose. A calose forma (fig. 2.7), de início, uma delgada camada ao redor do feixe, mas à medida em que os elementos crivados envelhecem, mais calose se acumula. A camada ao redor do feixe se espessa e certa quantidade dela aparece também sobre a superfície da área crivada. O filamento de conexão vai sendo comprimido até ser completamente estrangulado pela obliteração do poro quando o elemento crivado se torna dormente ou morre. Neste estágio, a calose forma um calo parecido com uma almofada na área crivada (ESAU, 1976);
 - Placa Crivada: é a região dos poros entre um membro de tubo crivado e outro (figs. 2.3, 2.5 e 2.6). Deste modo, as placas crivadas podem ser comparadas com as placas perfuradas do xilema (CUTTER, 1986). Estas placas contêm áreas crivadas mais diferenciadas, isto é, áreas com poros comparativamente grandes e filamentos, proeminentes (ESAU, 1976). A placa crivada pode ser transversal ao tubo crivado ou inclinada em diferentes graus (MARCHIORI, 1980), podendo conter várias áreas crivadas em algumas espécies, em outras isoladamente (FAHN, 1985). Em um elemento de tubo crivoso, a placa crivada é a parte especializada da parede ora compreendendo uma área crivada única: placa crivada simples, ora diversas, muito próximas, com frequência em arranjo escalariforme ou reticulado: placas crivadas compostas (PINHEIRO, 1999);
 - Plasmodesmos: são finos cordões citoplasmáticos (fig. 2.7) que penetram através das paredes, responsáveis pela ligação entre os elementos crivados e as células companheiras e também as células de parênquima (CUTTER, 1986).
- a.1.1) Células Crivadas: são elementos primitivos que não apresentam placas crivadas, só áreas crivadas (MODESTO; SIQUEIRA, 1981). Aparecem nas pteridófitas e nas gimnospermas. São células simples, algo alongadas (CUTTER, 1986);
- a.1.2) Tubos Crivados: tubo crivado ou tubo liberiano é um conduto floemático (fig. 2.5) constituído por uma fileira axial de células, sendo cada célula um elemento de tubo crivado (CUTTER, 1986; PINHEIRO, 1999) que é interconectado a outro através de

placa crivada. Os elementos de tubos crivados e tubos crivados aparecem nas angiospermas: dicotiledôneas e monocotiledôneas (ESAU, 1976).

Os elementos dos tubos crivados são células condutoras de assimilados que se superpõem, dispostas em série axial, interconectadas por placas crivadas (fig. 2.5) formando um tubo denominado “tubo crivado” (MODESTO; SIQUEIRA, 1981; RICHTER et al., 1996). Apresentam placas crivadas, além das áreas crivadas, que geralmente aparecem nas paredes laterais. Ao contrário dos vasos lenhosos, os tubos crivados são formados por elementos vivos que conservam seu citoplasma, mas que freqüentemente perdem seu núcleo. Através dos orifícios da placa crivada passam a seiva elaborada e os plasmodesmos (MODESTO; SIQUEIRA, 1981). Os elementos de tubos crivados longos, com extremidades das paredes muito inclinadas têm, geralmente, placas crivadas compostas, isto é, placas compostas de várias áreas crivadas em disposição escalariforme ou reticulada (ESAU, 1976);

a.2) Células de Parênquima: estas células (fig. 2.3) apresentam um protoplasto vivo com potencial para modificações posteriores (RICHTER et al., 1996). Apresentam como função a reserva de substâncias (FAHN, 1985), podendo armazenar amido, resinas, etc. e muitas vezes apresentam cristais (CUTTER, 1986);

a.3) Células Companheiras: são células parenquimáticas especializadas (figs. 2.3 a 2.5) que ocorrem somente em angiospermas com a função de reserva e translocação de substâncias alimentares. Estas células são ricas em citoplasma e possuem núcleos grandes. Parece haver uma estreita relação entre as células companheiras e os elementos de tubo crivado, pois as células companheiras morrem quando os elementos dos tubos cessam a sua atividade (MODESTO; SIQUEIRA, 1981). Estas células apresentam menor diâmetro que os elementos crivados e, geralmente são um pouco angulares no corte transversal (CUTTER, 1986);

a.4) Células de Esclerênquima:

a.4.1) Fibras Floemáticas: são células estreitas e alongadas com parede secundária lignificada (fig. 2.3). Apresentam crescimento apical intrusivo (RICHTER et al., 1996), podendo ser septadas ou não-septadas (ESAU, 1976);

a.4.2) Esclereídes: são células com paredes secundárias espessas (fig. 2.3), muito lignificadas, portadoras de numerosas pontuações, geralmente simples. Frequentemente são isoladas, mas também podem aparecer em aglomerados e diferenciam-se nitidamente das demais células devido às suas paredes espessas e formatos bizarros (ESAU, 1976). Podem ocorrer em combinação com as fibras ou isoladas, podendo estar presentes nos sistemas axial e radial (ESAU, 1976).

b) Periderme

É o conjunto de tecidos de revestimento, de origem secundária, que substituem a epiderme na função de revestimento da planta no crescimento secundário (MARCHIORI, 1980), sendo constituída de felema (comumente chamado de súber ou cortiça), felogênio (câmbio do súber) e feloderme (ESAU, 1976).

- b.1) Felogênio: tecido meristemático secundário (MARCHIORI, 1980) que produz o súber em direção à periferia e feloderme em direção ao interior (ESAU, 1976);
- b.2) Felema ou súber: formado em direção à periferia. Apresenta as paredes de suas células geralmente suberizadas (MARCHIORI, 1980). As células do súber têm, geralmente, forma prismática e a suberização de suas paredes com suberina (substância graxa) ocorre geralmente como uma lamela diferenciada que cobre a parede celulósica primária original a qual pode lignificar-se (ESAU, 1976). As células do felema apresentam protoplasto ativo e suas paredes podem ou não ser suberizadas. As células parenquimáticas do felema não suberizadas, esclerificadas ou não, são chamadas de células felóides (RICHTER et al., 1996);
- b.3) Feloderme: formada pelo felogênio em direção ao interior. É constituída geralmente de células parenquimáticas vivas podendo aparecer em pequena quantidade ou estar ausente (ESAU, 1976).

c) Ritidoma

É o conjunto de tecidos externos à última periderme formada (fig. 2.1), consistindo de peridermes seqüenciais e de tecidos por elas englobados (RICHTER et al., 1996). Na medida em que uma árvore envelhece, as peridermes geralmente alcançam camadas sucessivas maiores o que ocasiona acumulação de tecidos mortos na superfície do caule

e da raiz. Esta parte morta da casca, composta de camadas de tecidos isolados pelas peridermes e de camadas de peridermes cujo crescimento cessou, é chamada de ritidoma. Assim, o ritidoma é bem desenvolvido nos caules mais velhos e nas raízes das árvores (ESAU, 1976).

d) Cavidades secretoras em eucaliptos

As estruturas secretoras (fig. 2.2) são um bom critério para a taxonomia e caracterização da casca. O conteúdo das células secretoras é muito variável. Por oxidação, as secreções geralmente adotam uma coloração vermelha-amarronzada ou marrom escura devido a presença de taninos em *Eucalyptus*. Estas exsudações das estruturas secretoras podem cobrir parte da superfície da casca (ROTH, 1981). As secreções em *Eucalyptus* são comumente caracterizadas como oleosas (ESAU, 1976).

As cavidades e canais secretores são resultados da dissolução de células (espaços lisígenos) ou de sua separação (espaços esquizógenos). As cavidades secretoras lisígenas são formadas devido a células que eventualmente se rompem e livram substâncias na cavidade resultantes do rompimento. Lisogenia e esquizogenia podem se combinar para a formação de espaços secretores. Os espaços esquizógenos são geralmente delimitados por células intactas, por exemplo, ductos resiníferos das coníferas e ductos gomíferos das dicotiledôneas lenhosas oleosas (ESAU, 1976). MODESTO e SIQUEIRA (1981) citam que espaços lisogênicos estão presentes em folhas de eucaliptos. No entanto, COSTA (1986) observou em *Eucalyptus globulus* bolsas secretoras de origem esquizógena no mesófilo foliar.

As pequenas cavidades globulares, chamadas de glândulas encontram-se distribuídas mais ou menos abundantemente no parênquima das folhas da maioria das espécies de *Eucalyptus*. Colocadas sob a luz do sol, estas glândulas podem ser observadas com o aspecto de pequenas alfinetadas transmitidas pela luz (BROOKER; KLEINIG, 1990). Em folhas novas também há a presença de glândulas que, eventualmente se constituirão em algumas das maiores glândulas nas folhas adultas. As glândulas cessam sua expansão antes que a folha alcance seu máximo tamanho (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991).

Glândulas oleíferas esféricas de tamanho variável e de origem lisígena podem estar dispersas através do floema ou agregadas em cunhas de parênquima. Elas não estão envolvidas por um epitélio, mas geralmente contêm tecidos remanescentes nas quais são desintegrados durante seu crescimento e desenvolvimento. Apresentam um certo valor

diagnóstico, pois são características de um grupo restrito de eucaliptos, mas dentro destes grupos podem haver semelhanças definidas para outras características e a presença de glândulas oleíferas não é o suficiente em número ou distribuição para permitir que alguma distinção entre estas espécies seja feita (CHATTAWAY, 1955).

- Descrições da casca de eucaliptos

ALFONSO (1987) descreveu a casca de 20 espécies de eucaliptos apresentando a seguinte descrição geral para estes eucaliptos:

A casca apresenta-se com espessura de 0,3 a 4,0 cm, decídua, semidecídua ou persistente, formada por floema interno ou funcional, floema externo ou não funcional e uma ou várias camadas de peridermes, constituindo o ritidoma.

O floema interno constitui-se por células vivas de paredes finas, em geral alternando-se com células de paredes espessadas, formando faixas tangenciais também chamadas de faixas de crescimento. As células de paredes finas correspondem a células de parênquima axial, elementos de tubo crivado e células companheiras. As células espessadas constituem as fibras do floema que estão normalmente agrupadas formando feixes fibrosos. O sistema radial é constituído por raios parenquimáticos que podem ser uni ou bisseriados. Estes raios podem apresentar-se sem conteúdo evidente ou com conteúdo tanífero denso. Os elementos crivados na superfície transversal apresentam seção irregular e possuem placas crivadas oblíquas, compostas de 6 a 25 áreas crivadas. Nas células do parênquima axial ocorrem cristais prismáticos que formam, em geral, séries cristalíferas, algumas podendo apresentar conteúdo tanífero denso.

O floema externo constitui-se de células parenquimáticas expandidas com dimensões maiores que as células parenquimáticas vizinhas, apresentando contornos irregulares devido às expansões em várias direções. Estas células podem agrupar-se de forma desordenada ou ainda apresentarem certa uniformidade em sua distribuição que pode ser tangencial e diagonal, onde grande parte das células do parênquima axial aparecem expandidas radialmente ou, então em forma de cachos. Podem ainda ser observados esclereídeos com paredes polilameladas providas de pontoações simples com aréolas. Algumas espécies apresentam fibras esclerosadas com diâmetro tangencial e radial maiores do que as demais

fibras do tecido. Com relação aos raios parenquimáticos, em várias espécies, eles apresentam um desvio no seu trajeto nas regiões onde aparecem as células parenquimáticas expandidas.

Na periderme, há diferenças entre as várias espécies de eucaliptos com relação ao felema e à feloderme. Por exemplo, em alguns casos o felema é formado por uma ou duas camadas de células suberificadas e várias camadas de células esclerificadas, ambas preenchidas por substâncias taníferas. A feloderme é formada por camadas de células irregulares.

Quanto ao ritidoma, nota-se o intercalamento por massas de tecidos do floema externo, podendo formar várias peridermes (ALFONSO, 1987).

QUILHÓ e SARDINHA (1995) apresentaram a seguinte descrição para a casca de *Eucalyptus globulus*:

No floema colapsado há o colapso dos elementos de tubos crivosos, distorção e dilatação das células dos raios, expansão das células de parênquima axial e das esclereídes. O floema não-colapsado apresenta-se homogêneo, nas quais os feixes de fibras são dispostos alternadamente entre camadas de células de parênquima axial e elementos de tubo crivoso isolados onde, por vezes, se observam complexos de junção. Os elementos de tubos crivados apresentam forma irregular a oval, em seção transversal, sendo na maioria solitários ou arranjados em pequenos grupos de 2. As placas crivadas apresentam-se inclinadas, compostas de 7 a 20 áreas crivadas laterais, com abundantes poros-de-crivo. Os raios floemáticos são semelhantes aos raios do xilema, sendo unisseriados e raramente bisseriados. Substâncias taníferas aparecem em células menores axiais podendo haver inclusões de tanino em células parenquimáticas dos raios e no feloderma. Inclusões orgânicas, provavelmente de oxalato de cálcio aparecem em séries cristalíferas (QUILHÓ; SARDINHA, 1995).

Segundo QUILHÓ e PEREIRA (1997), o parênquima é o tecido em maior proporção na casca de *Eucalyptus globulus* (36 a 47%), seguido pelas fibras (22 a 39%), raios (11 a 17%), células expandidas e esclerócitos (8,5 a 14%) e os elementos de tubos crivosos (2 a 3%).

Em outro trabalho, QUILHÓ, PEREIRA e RICHTER (1999) quantificaram os tecidos do floema secundário em *Eucalyptus globulus*: tubos crivados (1 a 7%); parênquima (44 a 55%); raios (12 a 20%); fibras (22 a 36%). Observaram tubos crivados com diâmetro tangencial de 33,6 a 40,9 μm e comprimento de 373,1 a 557,2 μm ; raios com altura de 120,5 a 163,9 μm ; fibras com largura de 13,9 a 18,9 μm e comprimento de 1,22 a 1,89 mm.

3.2 ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais são produtos vegetais separáveis por arraste com vapor d'água (GOTTLIEB; SALATINO, 1987) e sua quantidade varia consideravelmente desde 0,01%, em algumas plantas, até acima de 10% em outras (PRICE, 1987).

As famílias Myrtaceae, Pinaceae, Lauraceae, Rutaceae, Compositae, Rosaceae, Labiatae e Umbelliferae, freqüentemente, possuem óleos essenciais (CASAMADA, 1968; DOMÍNGUES, 1973) que podem ser encontrados em flores (rosa), folhas (eucalipto), lenho (cabriúva), raízes (vetiver), sementes (erva-doce), botões florais (craveiro), cascas do caule (canela), cascas dos frutos (laranja) (CAMARA, 1967) ou em toda a parte aérea da planta (menta) (KOKETSU; GONÇALVES, 1991). Os óleos essenciais localizam-se em estruturas especiais de secreção, como cavidades, canais esquizógenos ou lisígenos, pêlos glandulares e estruturas celulares: organelas ou células especializadas (GOTTLIEB; SALATINO, 1987).

3.2.1 Características dos Óleos Essenciais

Os óleos essenciais são, geralmente, líquidos incolores, insolúveis ou muito pouco solúveis na água (CAMARA, 1967), porém todo óleo essencial é solúvel em água quente em pequeno grau (MARQUES, 1965); são solúveis em éter, álcool e na maioria dos solventes orgânicos (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997).

Devido à volatilidade, os óleos essenciais conferem odores característicos às plantas (CAMARA, 1967). A maioria apresenta forte aroma, quase sempre agradável (CRAVEIRO et al., 1981) e não devem ser confundidos com os óleos vegetais (BRAGA, 1971); não são constituídos por ésteres glicéricos dos ácidos graxos, por isso não deixam mancha gordurosa permanente no papel; não se tornam rançosos como os óleos fixos, ao contrário, em exposição ao ar ou em temperatura ambiente oxidam-se adquirindo características resinosas ou evaporam sendo, por isso, também designados por óleos etéreos, óleos voláteis ou essências (representam essências ou componentes odoríferos das plantas). Possuem alto índice de refração e a maioria é opticamente ativa (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997).

Os óleos essenciais não são substâncias puras, pois resultam da mistura de vários compostos orgânicos voláteis (MARQUES, 1965) complexos, presentes em proporções variáveis de espécie para espécie (MOLLAN et al., 1965). A maioria dos óleos essenciais consistem na mistura de hidrocarbonetos (terpenos, sesquiterpenos, etc) e de compostos

oxigenados (álcoois, ésteres, éteres, aldeídos, cetonas, lactonas, fenóis, éteres fenólicos, etc) (GUENTHER, 1960). Cada constituinte possui características próprias tais como, densidade e ponto de ebulição, que afetam o processo da sua destilação (MOLLAN et al., 1965).

Cada componente de um óleo essencial apresenta um perfil característico e cada aroma e sabor é uma combinação dos perfis de seus constituintes, alguns deles atuando em uníssono, outros competindo ao ponto de se anularem. Em certos casos, pode haver a predominância de um componente e em outros casos há um balanço dos componentes, sem a predominância de nenhum deles (MAGALHÃES, 1986). Não é incomum que um óleo essencial contenha mais de 200 componentes. Muitas vezes, os componentes vestigiais são essenciais para o odor e aroma que podem ser mudados pela ausência de apenas um deles (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997).

Os óleos voláteis desempenham a adaptação do organismo ao meio. Entre as várias funções, podem servir como defesa contra o ataque de animais ou na atração para a polinização (GOTTLIEB; SALATINO, 1987).

3.2.2 Principais Utilizações dos Óleos Essenciais

Muitas plantas são utilizadas com fins medicinais por conterem óleos essenciais, mas em muitos casos o próprio óleo essencial separado da planta é usado como medicamento. Os óleos essenciais podem apresentar ação carminativa (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997) ou podem ser empregados como analgésicos, sedativos, expectorantes, estimulantes e estomáquicos na composição de diversos medicamentos (CRAVEIRO et al., 1981), outros possuem ação antibacteriana e anti-séptica (MORAIS et al., 1996).

Os óleos essenciais são muito empregados como aromatizantes de alimentos e doces, bem como no comércio de especiarias, perfumes, cosméticos, sabonetes, produtos de higiene, desodorantes, aromatização de produtos de limpeza, composição de lustra-móveis e inseticidas (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997), mascarar odores desagradáveis em ambientes de trabalho ou em instalações sanitárias, além de serem usados como solventes e como insumos em produtos industriais de plásticos e borracha (CRAVEIRO et al., 1981).

Na indústria alimentícia, os óleos essenciais podem ser usados na composição de sorvetes, licores, balas, biscoitos, bombons, pós para refrescos, refrigerantes, gomas de mascar, doces, caramelos, embutidos, salgadinhos, temperos, molhos, etc. Neste ramo, os óleos essenciais cítricos representam mais de 40% do total de óleos essenciais utilizados na

indústria alimentícia, sendo o Brasil o maior produtor mundial deste óleo essencial (BICK, 1986).

Os óleos essenciais podem ser empregados na composição de adesivos, rações animais, repelentes, vernizes, tintas, papéis de impressão, ceras, incensos, depiladores, germicidas, tônicos, bebidas e indústrias de tabaco (GUENTHER, 1960) ou para conferir aromas e odores especiais como em preparações dentais. Outros apresentam características semelhantes ao óleo diesel podendo ser usados como combustíveis apesar da baixa concentração na planta (CRAVEIRO et al., 1981).

Em aromaterapia, podem ser empregados internamente por inalação através do sistema respiratório; quando diluídos, internamente por ingestão e, externamente pela pele através de banhos, massagens, fricções e aplicações (LAVABRE, 1992).

A utilização inadequada de óleos essenciais, porém pode ser nociva e perigosa, podendo acarretar hipersensibilidade, reações alérgicas ou doenças imprevisíveis (ROSE, 1995). Alguns são rubefacientes, abortivos e emenagogos (WOOLF, 1999). Compostos como os fenóis, muito ativos quimicamente, podem provocar irritação. Dentre os fenóis mais comuns tem-se anetol, metil eugenol, carvacrol, chavicol, cresol, eugenol e timol (TISSERAND; BALACS, 1995).

3.2.3 Óleos Essenciais de Eucaliptos

Os óleos essenciais, nos eucaliptos, podem ser encontrados nas folhas e ramos terminais (GUENTHER, 1965), frutos, casca da árvore e botões florais (ZRIRA; BENJILALI, 1996), pecíolos, opérculos, cálices e, em poucos casos, nas nervuras das folhas. Entre as espécies de eucaliptos há diferenças quanto ao número de glândulas por unidade de área na folha, na posição que ocupam e em seu arranjo (CARR; CARR, 1969).

Os óleos essenciais das folhas de *Eucalyptus* são compostos de misturas complexas de compostos orgânicos voláteis, muitas vezes envolvendo 50 a 100 componentes ou mais, de grupos químicos como os hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, etc. Seus óleos essenciais são compostos predominantemente de monoterpenos (C_{10} : cineol e pinenos) e sesquiterpenos (C_{15} : eudesmol, etc) que são os mais numerosos (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991). A essência de eucalipto é um líquido incolor ou amarelado, por vezes acastanhado ou esverdeado, fluído, cheiro forte, aromático e de sabor picante (COSTA, 1986).

Há freqüentes especulações de que o óleo essencial das folhas possuiria propriedade repelente ao ataque de insetos e de herbívoros, entretanto, na Austrália, um grande número de insetos alimentam-se da folhagem de eucaliptos metabolizando o óleo essencial e, em alguns casos, utilizando-o para sua própria defesa (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991).

As utilizações dos óleos essenciais de eucaliptos são muito variadas. O principal uso é medicinal, relacionado ao sistema respiratório. O óleo essencial é comumente aplicado na forma de vaporização em saunas ou banhos; atenua dores musculares; em compressas quentes; desinfetantes e prevenção de infecções; é um dos materiais mais comuns em perfumaria; é utilizado em doces, gomas de mascar, pastilhas para tosse; limpeza de materiais, refrescante de odores e para remover manchas de roupas (BUSBY ESSENTIAL OILS, 2001).

3.2.3.1 Eucaliptol (1,8-cineol)

O eucaliptol ou 1,8-cineol apresenta fórmula química $C_{10}H_{18}O$ e peso molecular: PM = 154,24, sendo o principal componente dos óleos essenciais de eucaliptos (THE MERCK INDEX, 1989). É um componente farmacologicamente ativo, estável e com baixa reatividade química. Apresenta resistência à oxidação, polimerização e decomposição térmica, em contraste com a maioria dos outros compostos terpenóides (BARTON, 2001).

Segundo BOLAND, BROPHY e HOUSE (1991), Cloez, em 1870, nomeou o principal componente de *Eucalyptus globulus* como eucaliptol. Mais tarde, este componente foi isolado e corretamente identificado como 1,8-cineol por Jahns em 1884. O *E. globulus* é a principal espécie utilizada para a produção de óleos essenciais ricos em cineol, contudo outras espécies empregadas incluem *E. smithii*, *E. dives* e *E. polybractea*.

Além de eucaliptol, o 1,8-cineol também é conhecido por cajeputol, 1,8-epoxy- ρ -menthane; 1,3,3-trimethyl-2-oxabicyclo[2.2.2]-octane (THE MERCK INDEX, 1989), 2-oxabicyclo[2.2.2]octane, 1,3,3-trimethyl-; terpan; zineol; eucapur e ρ -cineole (WILEY, 1996).

O cineol existe em duas formas: 1,4-cineol e 1,8-cineol (TISSERAND; BALACS, 1995). Estes dois componentes apresentam propriedades consideravelmente diferentes. O isômero de 1,8-cineol, o 1,4-cineol é conhecido também pelos nomes químicos de 1,4-oxido- ρ -menthane ou 1,4-epoxy- ρ -menthane e possui odor canforáceo (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963), sendo considerado raro (FORCEN BUENO et al., 1983).

O 1,8-cineol ocorre em cerca de 260 óleos essenciais sendo excedido em números somente pelo α -pineno. O *Eucalyptus polybractea* contém de 75% (PENFOLD, 1965) a 92% de 1,8-cineol (GUENTHER e ALTHAUSEN, 1963). CRAVEIRO et al. (1981) observou a presença de 1,8-cineol em diversas famílias botânicas, entre elas: Verbenaceae (*Lippia sp.*: 44% do óleo essencial), Compositae (*Pectis apodocephala*: 26%), Euphorbiaceae (*Croton rhamnifolius*: 31%), Labiatae (*Ocimum gratissimum*: 20%).

O 1,8-cineol é o mais importante dos óxidos orgânicos (TISSERAND; BALACS, 1995) sendo um éter-óxido da série terpênica, predominante em algumas espécies de mirtáceas dos gêneros *Eucalyptus* e *Melaleuca*. É cristalizável a 1 °C e ferve a 176-177 °C (COSTA, 1986). Apresenta-se transparente, com odor sugestivo de cânfora e gosto picante (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963).

O 1,8-cineol apresenta as seguintes propriedades físicas: densidade (d_{15}^{15}): 0,928 a 0,930; rotação óptica de - 0°18' a +0°18'; índice de refração a 20 °C de 1,4580 a 1,4600 (PENFOLD, 1965).

ROBBERS, SPEEDIE e TYLER (1997), relatam que o isolamento de 1,8-cineol pode ser obtido por destilação fracionada e subsequente congelamento do produto destilado ou por tratamento do óleo essencial com ácido fosfórico, decompondo-se a seguir o ácido fosfórico-eucaliptol com água. Pode também ser obtido a partir de hidrato de terpina, como um dos produtos da desidratação durante o tratamento com ácidos. Segundo IGARASHI (1986), o 1,8-cineol da essência de *Eucalyptus smithii* pode ser isolado por destilação fracionada ou por cristalização. De acordo com COSTA (1986), a indústria isola o 1,8-cineol por destilação fracionada e purifica-o por arrefecimento obtendo-se um produto com 98% de pureza.

3.2.3.1.1 Utilizações do 1,8-cineol

O 1,8-cineol apresenta propriedades semelhantes às do seu óleo essencial original e ambos são empregados em vários produtos, tais como inalantes nasais e aerosóis com ação anti-séptica e ligeiramente anestésica no nariz e na garganta (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997). Este componente é muito utilizado em preparações farmacêuticas de uso interno e externo. Serve como estimulante da expectoração nos casos de bronquites crônicas e age, localmente, como moderado e suave anestésico e antiséptico no tratamento de inflamações. Pode ser utilizado também em sprays para ambientes e em cosméticos, loções e inúmeras preparações técnicas (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963).

O 1,8-cineol possui propriedades, febrífugas, inseticidas, anti-sépticas em especial das vias respiratórias e urinárias, e da pele. Emprega-se como expectorante e anti-séptico das vias respiratórias (nariz, garganta e pulmões) sob a forma de inalações. É muito comum o emprego de rebuçados e pastilhas de mentol e 1,8-cineol como anti-séptico da garganta. É indicado nos catarrhos brônquicos agudos e crônicos, na gangrena pulmonar e broncorréia fétida. Utiliza-se ainda, nas otorrinolaringites. Pode administrar-se sob a forma de inalações, pérolas, pastilhas, injeções subcutâneas e intramusculares, em poções e emulsões, sendo usado também na medicina veterinária (VALE; CUNHA, 1971).

O 1,8-cineol é considerado não-tóxico e não-irritante, porém o óleo essencial de eucalipto, cujo maior constituinte é o 1,8-cineol, provocou alguns incidentes de intoxicações em crianças nos Estados Unidos (CRAIG, 1953). Os principais sintomas da intoxicação são: depressão, respiração anormal e constrição pupilar. A dose tóxica provoca sonolência em poucos minutos, podendo o paciente ficar inconsciente dentro de 15 minutos. Outros sintomas incluem dor epigástrica, fraqueza nas pernas e dores de cabeça (TISSERAND; BALACS, 1995). Segundo ²GURR e SCROGGIE (1965), citados por SANTOS (1999), o 1,8-cineol pode provocar a falência após a ingestão de 30 ml desta substância, sendo demonstrados vários efeitos cardiovasculares, respiratórios e no sistema nervoso central, porém relatam também a sobrevivência de um homem após a ingestão de 60 ml.

SANTOS (1999) estudou os efeitos farmacológicos de 1,8-cineol em camundongos concluindo que esta substância exibiu baixo potencial tóxico, redução de danos gástricos, parecendo possuir propriedades sedativa e anticonvulsionante. O 1,8-cineol não demonstrou efeitos adversos na reprodução em ratas e, em somente algumas delas houve a redução do índice de gravidez e do peso dos fetos, possivelmente devido a sua ação antiinflamatória.

3.2.4 Determinações Físicas dos Óleos Essenciais

São determinadas algumas constantes físicas dos óleos essenciais tendo-se em vista a identificação ou a apreciação do valor dos mesmos (MARQUES, 1965).

A presença dos principais constituintes dos óleos essenciais, ao lado dos componentes secundários e dos adjuntos menores, nas proporções corretas, resulta o que se convencionou denominar de “qualidade do produto”, podendo ser constatada através de análises químicas,

² GURR, F.W.; SCROGGIE, J.C. *Eucalyptus* oil poisoning treated by dialysis and mannitol infusion. **Aust. Ann. Med.**, [S.l.], v.14, p.238-249, 1965.

das determinações físicas e da avaliação pelo olfato. As condições ecológicas sob as quais são cultivadas as plantas aromáticas influenciam também na qualidade do óleo essencial, razão pela qual são criados “standards” ou padrões que definem as características regionais de cada produto (MOLLAN et al., 1965).

3.2.4.1 Massa específica e densidade relativa

De todas as propriedades físico-químicas dos óleos essenciais, a densidade relativa é a mais citada na literatura, sendo um fator de grande importância nas verificações da pureza e qualidade de um óleo essencial (GUENTHER, 1960) permitindo, em muitos casos, indicar com absoluta certeza se houve adição fraudulenta ou extração de algum componente principal da essência. Por exemplo, a densidade de uma essência de alcarávia está compreendida entre 0,907 e 0,912, o que corresponde a uma proporção de 50-55% de carvona. Se a determinação da densidade de uma amostra desta essência acusar um resultado sensivelmente inferior a 0,907 pode-se afirmar, com certeza, que a essência em questão não contém a proporção normal de carvona. As densidades dos diversos componentes das essências estão compreendidas entre 0,830 a 1,12 (MARQUES, 1965), mas em geral são menores que 1,000, sendo que a precisão até a terceira casa decimal é necessária (GUENTHER, 1960).

A determinação da massa específica e da densidade relativa para óleos essenciais é regulamentada, no Brasil, pela norma NBR 5784 (ABNT, 1985a), nas quais são considerados os seguintes conceitos:

a) Massa Específica (g/ml) a 20 °C = razão entre a massa de um dado volume de óleo e este volume a 20 °C, na qual $\rho_{20} = 0,99820 \times [(m_2 - m)/(m_1 - m)]$;

b) Densidade Relativa (d_{20}^{20}) = razão entre a densidade do óleo a 20 °C e a da água destilada a 20 °C, onde $d_{20}^{20} = (m_2 - m)/(m_1 - m)$; Onde:

m = massa, em gramas, do picnômetro vazio;

m_1 = massa, em gramas, do picnômetro cheio com água a 20 °C;

m_2 = massa, em gramas, do picnômetro cheio com óleo essencial a 20 °C.

c) Densidade Relativa (d_4^{20}) = razão entre a densidade do óleo a 20 °C e a da água destilada a 4 °C, onde $d_4^{20} = (0,99820/0,99997) \times d_{20}^{20}$.

Segundo a Farmacopéia Brasileira (1988), densidade relativa de uma substância é a razão de sua massa, pela massa de igual volume de água, ambas a 20 °C (d_{20}^{20}), ou por massa de igual volume de água a 4 °C (d_4^{20}), onde: $d_4^{20} = 0,998234 \times d_{20}^{20}$.

A aparelhagem utilizada para a determinação da densidade relativa e massa específica consiste de balança analítica com sensibilidade até 0,5 mg; banho de água mantido à temperatura de $(20,0 \pm 0,2) ^\circ\text{C}$; picnômetros de 50 ml, 25 ml ou 10 ml de capacidade, de acordo com o volume de óleo disponível e termômetro calibrado dividido em $0,1 ^\circ\text{C}$ a $0,2 ^\circ\text{C}$ para determinações de temperatura entre 10 e $30 ^\circ\text{C}$ (ABNT, 1985a).

Para a determinação da massa específica e da densidade relativa, além de picnômetro, a Farmacopéia Brasileira emprega a balança hidrostática ou o densímetro (FARMACOPÉIA Brasileira, 1988).

3.2.4.2 Índice de refração

O índice de refração de uma substância é a relação entre a velocidade da luz no vácuo e sua velocidade no interior da substância. Quando um raio de luz monocromática passa de um meio transparente para outro de densidade óptica diferente é refletido ou refratado, exceto quando incide perpendicularmente à superfície de contato entre os meios. A relação entre o seno do ângulo de incidência e o seno do ângulo de refração é constante, não variando com o ângulo de incidência. Essa relação equivale ao índice de refração. Pode-se, pois definir o índice de refração como a relação entre o seno do ângulo de incidência e o seno do ângulo de refração, isto é, $n = \sin i / \sin r$. Para fins práticos mede-se a refração com referência ao ar e à substância e não com referência ao vácuo e à substância, porquanto as diferenças entre os valores obtidos com ambas as medidas não são significativas para fins farmacopéicos (FARMACOPÉIA Brasileira, 1988).

O índice de refração é determinado rapidamente por refratômetros. Usualmente, procede-se à determinação para os óleos essenciais a $20 ^\circ\text{C}$, a menos que o material seja sólido a esta temperatura, como no caso do óleo de rosa, que é obtido a $30 ^\circ\text{C}$. Há variação do índice de refração com a temperatura. Sempre que possível, todas as determinações devem ser feitas a $20 ^\circ\text{C}$. Se o índice de refração for determinado acima de $20 ^\circ\text{C}$, a correção deve ser somada; se for determinado abaixo de $20 ^\circ\text{C}$, a correção deve ser subtraída, porém o uso de fatores de redução da leitura para $20 ^\circ\text{C}$ não é recomendado (MARQUES, 1965).

A determinação do índice de refração para óleos essenciais, no Brasil, é regulamentada pela norma NBR 5785 (ABNT, 1985b): Óleos Essenciais - Determinação do Índice de Refração, na qual é adotada a seguinte definição:

Índice de Refração é a razão do seno do ângulo de incidência e o seno do ângulo de refração, quando um raio de luz de comprimento de onda definido atravessa do ar para o óleo essencial, mantido à temperatura constante, sendo calculado pela seguinte fórmula:

$$n_D^{20} = n_D^{T'} + 0,0004 \times (T' - 20), \text{ onde:}$$

$n_D^{T'}$ = leitura tomada a temperatura de trabalho T' , e no comprimento de onda correspondente à raia D da luz de sódio;
 T' = temperatura de trabalho.

A aparelhagem consiste em refratômetro permitindo leituras diretas dos índices de refração entre 1,300 e 1,700 executados com uma precisão de $\pm 0,0010$, cuja fonte de luz é a luz de sódio. A luz comum difusa ou a luz de uma lâmpada elétrica pode ser usada para refratômetros, munidos de um compensador acromático (ABNT, 1985b).

Na Farmacopéia Brasileira, geralmente determina-se o índice de refração em função da luz de sódio no comprimento de onda 589,3 nm (raia D) e à temperatura de $20 \pm 0,5$ °C. Para a medida do índice de refração utilizam-se refratômetros com luz branca, calibrados de modo a dar o índice de refração em termos de comprimento de onda 589,3 nm, correspondente ao da luz da raia D de sódio (FARMACOPÉIA Brasileira, 1988).

3.2.4.3 Poder rotatório

Esta determinação é de grande importância sob o ponto de vista analítico, porque a composição de cada essência varia dentro de certos limites e, por conseguinte, seu poder rotatório oferece certa regularidade. Se ao ensaiar uma essência encontrar-se uma rotação óptica que se afasta dos limites determinados experimentalmente, pode-se afirmar com segurança que a dita essência é anormal. A avaliação do poder rotatório é baseada no desvio que sofre um raio de luz polarizada ao atravessar determinada essência. A medida do desvio, expressa em graus e minutos, dá o valor do poder rotatório. A maioria das essências é opticamente ativa. O ângulo de desvio das essências ativas é muito variável, sendo em algumas superior a 100 (MARQUES, 1965).

Muitas substâncias orgânicas têm a propriedade de desviar o plano de luz polarizada quando esta passa através delas (no caso de serem líquidas) ou de soluções que as contêm (quando se trata de sólidas). Estas substâncias podem ser dextróginas ou levóginas (FARMACOPÉIA Brasileira, 1988), apresentando sinal + (dextrógiro), na qual a rotação do

plano de polarização é para a direita e, sinal – (levógiro) quando a rotação é para a esquerda, medidos em graus de rotação (GUENTHER, 1960). O poder rotatório de uma mistura de corpos que possuem esta propriedade é, em valor e em sinal, a resultante dos poderes rotatórios dos componentes, podendo-se calcular quando se conhece a proporção em que entra cada componente, o seu poder rotatório específico (MARQUES, 1965). A determinação da atividade óptica serve para estabelecer tanto a identidade quanto a pureza da substância e, às vezes, presta-se para indicar o valor terapêutico de uma substância. O poder rotatório varia com a temperatura, o comprimento de onda (quanto mais curto, maior o ângulo de desvio), estrutura química da substância e sua concentração (FARMACOPÉIA Brasileira, 1988).

A determinação da rotação óptica e rotação óptica específica para óleos essenciais é regulamentada, no Brasil, pela FARMACOPÉIA Brasileira (1988) e pela norma NBR 5783 (ABNT, 1987): Óleos Essenciais - Determinação da Rotação Óptica e Rotação Óptica Específica, nas quais consideram-se as seguintes definições:

- a) Rotação Óptica: medida do ângulo resultante da rotação do plano de vibração da luz polarizada de comprimento de onda da luz de sódio, raia D (589,3 nm) a uma dada temperatura em uma camada de 1 dm de espessura de uma substância líquida;
- b) Rotação Óptica Específica de uma Substância Líquida: medida do ângulo de rotação do plano de vibração da luz polarizada de comprimento de onda da luz de sódio, raia D (589,3 nm), a uma dada temperatura em uma camada de 1 dm de espessura de uma substância líquida e dividindo essa leitura do ângulo pela densidade relativa;
- c) Rotação Óptica Específica de um Sólido em Solução: medida do ângulo de rotação do plano de vibração da luz polarizada de comprimento de onda da luz de sódio, raia D (589,3 nm), a uma dada temperatura, em uma camada de espessura da solução do sólido e concentração de 1g/ml.

A aparelhagem utilizada para a determinação da rotação óptica é um polarímetro dotado de lâmpada a vapor de sódio, cujos tubos polarímetros têm 2 dm, 1 dm, 0,5 dm e 0,25 dm de comprimento (ABNT, 1987).

A rotação óptica específica de uma substância líquida é calculada pela seguinte fórmula: $[\alpha]_D^T = \alpha / ld$

A rotação óptica específica de um sólido em solução é calculado pela seguinte fórmula:

$$[\alpha]_D^T = 100 \alpha / lc, \quad \text{onde:}$$

$[\alpha]_D^T$ = rotação óptica específica a uma dada temperatura usando luz de sódio, raia D;
 α = ângulo de rotação medido, em graus;
 l = comprimento do tubo, em decímetros;
 d = densidade relativa da substância líquida à temperatura de operação;
 c = concentração da substância sólida em solução, expressa em porcentagem m/v
 (ABNT, 1987).

3.2.4.4 Solubilidade em álcool

A solubilidade exprime o número de volumes de álcool diluído necessários para dissolver um volume de óleo a uma dada temperatura (BASSANI, 1971).

Visto que a maior parte dos óleos essenciais é miscível em álcool absoluto, é possível determinar o volume de álcool necessário para solubilizar determinado volume de óleo essencial. A determinação da solubilidade é um rápido e conveniente auxílio na avaliação da qualidade de um óleo essencial. Em geral, óleos essenciais ricos em constituintes oxigenados são mais solúveis em álcool diluído do que os óleos essenciais ricos em terpenos. A solubilidade pode variar com a idade do óleo essencial. Adulterações com material relativamente insolúvel freqüentemente alteram a solubilidade do óleo essencial e fatores como a luz, o ar, o calor e a presença de água usualmente exercem influência desfavorável. Alcoois de várias concentrações são usados na determinação da solubilidade dos óleos essenciais: 50, 60, 70, 90, 95% e, ocasionalmente, 65 e 75% (GUENTHER, 1960). A falsificação da essência, por exemplo, com a adição de aguarrás é verificada através dos índices físico-químicos, como a solubilidade em álcool (COSTA, 1986).

A determinação da solubilidade em etanol para óleos essenciais é regulamentada, no Brasil, pela norma NBR 5791 (ABNT, 1989): Óleos Essenciais - Determinação da Solubilidade em Etanol.

3.2.5 Dosagem dos Óleos Essenciais

A indústria estuda, com cuidado, os problemas referentes ao maior rendimento e melhor qualidade das essências, relacionando com o momento da colheita das plantas. Para

tais análises utiliza pequenos aparelhos que repetem em escala reduzida as circunstâncias observadas nas fábricas (COSTA, 1986).

O método de dosagem volumétrico que alcançou o maior mérito utiliza o princípio dos alambiques com coação contínua, como o Aparelho de Clevenger. No tubo coletor do destilado separam-se os 2 líquidos não miscíveis condensados. A água reflui no balão e o óleo essencial acumula-se pouco a pouco no tubo graduado. É assim possível esgotar o fármaco num aparelho contínuo (COSTA, 1986).

Na hidrodestilação, a coação é o retorno da água condensada à caldeira após sua separação do óleo essencial para o alambique para a redistilação, podendo melhorar a qualidade do óleo essencial extraído, pois a água ainda poderá estar saturada com essência. A possível perda, em alguns óleos essenciais é insignificante, mas em outros que são solúveis em água ou têm componentes que são perdidos, as perdas podem ser substanciais (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991).

O primitivo Aparelho de Clevenger sofreu numerosas modificações não só quanto ao dispositivo de condensação e medida mas também no que se refere ao tipo de destilação (COSTA, 1986).

Deve-se evitar que a composição do óleo essencial seja afetada por deficiências na técnica da destilação. Por exemplo, se os componentes principais ou ainda alguns dos secundários possuem, por exemplo, alto ponto de ebulição, a destilação deve ser suficientemente prolongada para que o balanço adequado de composição seja atingido (MOLLAN et al., 1965).

BOLAND, BROPHY e HOUSE (1991), ao pesquisarem 111 espécies de eucaliptos do norte e do leste da Austrália, observaram que o tempo de extração em destilador de laboratório variou de acordo com a espécie na qual foi destilado o óleo essencial das folhas. Para as essências com mais 1,8-cineol ou hidrocarbonetos monoterpênicos, a destilação durou de 4 a 6 horas; para os óleos com mais monoterpênicos oxigenados ou hidrocarbonetos sesquiterpênicos, o tempo requerido para a destilação durou cerca de 8 horas; e para os óleos essenciais contendo grande quantidade de álcoois sesquiterpênicos, o tempo de destilação foi em torno de 24 horas.

3.2.6 Normalização de Óleos Essenciais

No dia 6 de abril de 1959, foi criada, em São Paulo, a Associação Brasileira de Pesquisas sobre Plantas Aromáticas e Óleos Essenciais - APPA com a finalidade de estudo e coordenação de pesquisas sobre os óleos essenciais procurando aperfeiçoar a qualidade e a racionalização dos meios de produção. As principais atividades incluíam, no Brasil, a criação de melhores variedades de plantas cultivadas, introdução e aclimação de novas plantas aromáticas, padronização dos óleos essenciais obtidos comercialmente e a padronização dos produtos isolados de óleos essenciais e sintéticos produzidos (APPA, 1959).

A normalização tem como objetivo definir uma mesma linguagem técnica para propiciar e facilitar o intercâmbio de mercadorias e prestação de serviços entre produtores e consumidores. Contribui para assegurar a qualidade industrial, a melhoria do funcionamento do mercado interno ao incentivar a concorrência, a redução de custos industriais quando associada à padronização, a ampliação das exportações e a maior confiança e satisfação do consumidor. A normalização das especificações brasileiras para os óleos essenciais é de suma importância para o país, principalmente frente ao mercado internacional e às chamadas “barreiras tecnológicas” dos países importadores (BARROS, 1986).

A elaboração de normas técnicas sobre óleos essenciais teve início em 1967 quando a APPA salientou a importância da padronização de métodos de análises de óleos essenciais e, nessa ocasião delineou os objetivos a serem atingidos conforme artigo publicado no Boletim nº 14 dessa associação. A Sub-Comissão de Padronização de Óleos Essenciais da APPA - Setor São Paulo iniciou os trabalhos em agosto de 1969 e, em julho de 1970, encaminhou à Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT/RJ, 13 métodos de análises. Em dezembro de 1972 foi criada pela ABNT/SP a Comissão de Óleos Essenciais Industriais CB:10-103 com a mesma finalidade de elaborar, estudar e padronizar métodos de análises e especificações de óleos essenciais. Essa Comissão incorporou a Sub-Comissão de Padronização de Óleos Essenciais da APPA - Setor São Paulo e deu continuidade aos trabalhos de normalização. A Comissão de Óleos Essenciais Industriais CE:10:01:210 iniciou, a partir de 1980, revisão e atualização das normas com mais de 5 anos (BARROS, 1986).

3.2.6.1 Especificações padrões dos óleos essenciais de eucaliptos ricos em 1,8-cineol

Os óleos essenciais de eucaliptos, ricos em 1,8-cineol, para usos medicinais precisam satisfazer os requerimentos de várias farmacopéias estipulados por lei (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991).

As especificações da British Pharmacopoeia (BP) são frequentemente utilizadas como referência de nível internacional. Elas requerem que um óleo essencial medicinal de eucalipto contenha não menos do que 70% de 1,8-cineol e ser praticamente livre de α e β -felandreno. As farmacopéias também informam limites extras para conteúdo de felandreno, porém falta à BP um requerimento para a percentagem máxima permitida de aldeído, especificamente o isovaleraldeído. A British Standard (BS 2999/53:1975) consente o uso de eucaliptos não especificados, porém esta especificação aplica-se somente a óleos essenciais retificados. A International Standards Organization - ISO tem 2 padrões publicados, sendo um deles referente a óleos essenciais de eucalipto de origem australiana (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991).

Estas especificações estão apresentadas nos quadros 6 e 7, contendo os padrões para óleos essenciais de eucaliptos ricos em 1,8-cineol (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991), assim como valores das características físico-químicas do óleo essencial de *Eucalyptus smithii* citados por GUENTHER (1965) conforme quadro 8.

QUADRO 6 - ESPECIFICAÇÕES PADRÕES PARA ÓLEOS ESSENCIAIS DE EUCALIPTOS RICOS EM 1,8-CINEOL

Teste	¹ ISO 770-1980	¹ ISO 3065-1974	² BS2000/53:1975
Densidade Aparente a 20 °C (g/ml)	—	—	0,904-0,924
Densidade Relativa a 20 °C: d_{20}^{20}	0,906 - 0,925	0,918 - 0,928	—
Índice de Refração a 20 °C: n_D^{20}	1,459 - 1,467	1,458 - 1,465	1,458 - 1,470
Rotação Óptica a 20 °C: $[\alpha]_D^{20}$	0° a +10°	-2° a +2°	-5° a +10°
Solubilidade do Óleo Essencial em Etanol (EtOH) 70% v/v a 20°C	1:5	1:3	1:5
Teor em 1,8-Cineol	70% mínimo	80-85%	70% mínimo

FONTE: BOLAND, BROPHY e HOUSE (1991).

NOTAS: (1) International Standards Organisation;

(2) British Standard.

QUADRO 7 - ESPECIFICAÇÕES DE ALGUNS COMPÊNDIOS OFICIAIS PARA ÓLEOS ESSENCIAIS DE EUCALIPTOS RICOS EM 1,8-CINEOL

Test	¹ NF XVI	² BP 1988	³ FCC III
Densidade Relativa a 20 °C: d_{20}^{20}	—————	0,906-0,925	—————
Índice de Refração a 20 °C: n_D^{20}	1,458 - 1,470	1,458 - 1,470	1,458 - 1,470
Rotação Óptica a 20 °C: $[\alpha]_D^{20}$	—————	0° a +10°	—————
Solubilidade do Óleo Essencial em Etanol (EtOH) 70% v/v a 20 °C	1:5	1:5	“complies”
Teor em 1,8-Cineol	70% mínimo	70% mínimo	70% mínimo
Presença de Aldeído	—————	“complies”	—————
Metais Pesados	<0,004%	—————	“complies”
Presença de Felandreno	“complies”	“complies”	“complies”

FONTE: BOLAND, BROPHY e HOUSE (1991).

NOTAS: (1) National Formulary of USA;

(2) British Pharmacopoeia;

(3) Food & Chemicals Codex.

QUADRO 8 - VALORES FÍSICO-QUÍMICOS APRESENTADOS PARA O *Eucalyptus smithii*

PROPRIEDADE	BAKER e SMITHII, citados por PENFOLD (1965)	PENFOLD (1965)	Guatemala ⁽¹⁾
Densidade Relativa	$d_{15}^{15} = 0,9160$ a $0,9198$	$d_{15}^{15} = 0,9133$ a $0,9198$	$d_{25}^{25} = 0,916$
Rotação Óptica	+4,48° a +5,36°	+4,7° a +6,4°	+4,8°
Índice de Refração a 20 °C: n_D^{20}	1,460 a 1,465	1,462 a 1,467	1,462
Solubilidade do Óleo Essencial em Etanol 70% v/v	a 20 °C: 1:1	a 20 °C: 1:1	a 25 °C: 1: 2-2,5
Teor de 1,8-Cineol	75-80%	70-77%	78,4%

FONTE: PENFOLD (1965).

NOTA: (1) Óleo essencial de *Eucalyptus smithii* da Guatemala examinado p/New York laboratities of Fritzsche Brothers, Inc., citado por PENFOLD (1965).

3.3 OUTROS EXTRATIVOS VEGETAIS

As plantas verdes utilizam a água do solo, a energia solar e o gás carbônico do ar para gerar açúcares. Esta transformação sob a ação da energia solar chama-se fotossíntese e dá-se ao nível das folhas, nos cloroplastos, que contêm a clorofila. A partir dos açúcares formam-se reservas energéticas e os compostos secundários: lipídios, essências e heterósidos (SCHÜLER, 1987). A célula vegetal respira, absorvendo dióxido de carbono e expelindo oxigênio resultando, de dia, uma forte emissão de oxigênio e, à noite, uma ligeira libertação de dióxido de carbono. Por um outro processo, as plantas verdes utilizam sais minerais e

nitratos, que absorvem pela raiz, para sintetizar prótidos (aminoácidos, péptidos, proteídos) e alcalóides. O metabolismo da planta verde produz, principalmente, açúcares e prótidos. Uma fração dos açúcares é seguidamente transformada em diversos compostos, sendo os lipídios os mais importantes para a planta, contudo o metabolismo fornece também corpos secundários utilizados pelo homem para fins terapêuticos: heterósidos, alcalóides, óleos essenciais e taninos (READER'S DIGEST, 1993).

A síntese de compostos essenciais para a sobrevivência das espécies vegetais tais como açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, nucleotídeos e seus polímeros derivados faz parte do metabolismo primário das plantas (fotossíntese e respiração), nas quais os metabólitos secundários não participam, mas possuem funções específicas dentro daquele organismo (DI STASI, 1996). A maioria de compostos do metabolismo secundário possui valor obscuro no âmbito vegetal e para a espécie humana podendo possuir várias aplicações para o homem, como na preparação de medicamentos e cosméticos, produção de alimentos, perfumes, etc. (EVANS, 1991). Na madeira, os extrativos, normalmente, são responsáveis pela cor, cheiro, gosto, resistência natural ao apodrecimento e propriedades abrasivas (KLOCK, 1995).

Nos vegetais, além dos extrativos, há um grande número de elementos minerais indispensáveis ao organismo humano: azoto, Ca, K, Na, etc. Alguns destes elementos encontram-se em quantidades tão pequenas no homem, sem deixarem, no entanto, de serem necessários. São os oligoelementos: é o caso do Zn, Fe, Co, Cu, Mn, Li, Cs, Ni, Mo, F, etc. As plantas fornecem misturas equilibradas de quase todos os oligoelementos e fornecem os catalisadores bioquímicos indispensáveis que o organismo humano não pode sintetizar: as vitaminas. Existem também diversos vegetais que produzem antibióticos (READER'S DIGEST, 1993). As principais substâncias que os vegetais podem conter são: sais minerais e elementos químicos (Zn, Mg, K); enzimas (catalisadores orgânicos); glicídios ou hidratos de carbono (sacarose); lipídios, gorduras, óleos, ceras; glicosídios ou heterosídios; substâncias tânicas; óleos voláteis; resinas; alcalóides; proteínas; ácidos orgânicos; corantes; antibióticos, etc. (SCHÜLER, 1987).

Segundo DI STASI (1996), além do fator genético, outros fatores, como o clima, solo, época do ano, forma de plantio, adubação, agrotóxicos, irrigação, tratamentos culturais e a colheita podem afetar os teores dos metabólitos secundários nas plantas. Os compostos inertes, como a celulose, a lignina, a suberina, o amido, corantes, entre outros podem não desempenhar atividade farmacológica definida, porém muitas vezes podem modificar ou

impedir a absorção ou a potência dos metabólitos secundários (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997).

Muitas substâncias produzidas pelas plantas são depositadas em células mortas, vacúolos de células vivas, cavidades ou canais. Esta é uma das formas que o vegetal tem para anular suas secreções tóxicas, transformando-as em produtos insolúveis que ficam inertes dentro das estruturas secretoras. As substâncias que têm uma função especial (hormônios, enzimas) são secreções e, as que não mais serão utilizadas pelas plantas e que representam resíduos do metabolismo são excreções (MODESTO; SIQUEIRA, 1981). Contudo, normalmente, não se estabelece uma linha nítida entre secreção e excreção na planta e os mesmos continentes acumulam, usualmente, variedades de substâncias, algumas sendo produtos de eliminação, outras que são novamente utilizadas (ESAU, 1974).

3.3.1 Taninos

Os taninos, freqüentes na família Myrtaceae (CASAMADA, 1968), são encontrados nas folhas de *Eucalyptus globulus* sob a forma de ácidos gálico, glicólico e glicérico (COSTA, 1986). Os taninos podem ser classificados em taninos hidrolisáveis e taninos condensados.

Os taninos hidrolisáveis são formados por várias moléculas de ácidos fenólicos, como o ácido gálico. Denominavam-se, primeiramente, de pirogálicos porque, em destilação seca, o ácido gálico e compostos similares se convertem em pirogallol (EVANS, 1991).

Os taninos condensados, taninos não-hidrolisáveis ou pró-antocianidinas (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997) compreendem os restantes dos taninos verdadeiros, estando relacionados com os pigmentos flavonóides. Por destilação seca dão catecol, por isso são denominados, às vezes, de taninos catéquicos ou catecol-taninos. Suas soluções adquirem coloração verde com cloreto férrico (EVANS, 1991).

Os taninos aparecem como massas granulares ou corpos amarelos, vermelhos ou marrons. Podem ser encontrados, especialmente nas folhas, periderme, tecido vascular, frutos imaturos, cascas de sementes ou em tecidos de proliferação patogênica. Podem ser encontrados ainda em células interconectadas ou isoladas especializadas (idioblastos) ou na forma de gotículas no citoplasma. Algumas vezes, os taninos penetram dentro das paredes celulares como no tecido da cortiça. Protegem as plantas contra desidratação, danos por

animais e apodrecimento (FAHN, 1985). Encontram-se, em maior quantidade em células mortas ou enfermas e exercem função protetora em cascas e lenhos (EVANS, 1991).

Os taninos podem ser utilizados em tinturarias e na clarificação de bebidas. Absorvidos em grandes quantidades podem provocar lesões hepáticas (CAMARA, 1967). Em medicamentos adstringentes, a ação se manifesta como antidiarréica e anti-hemorragica local e fraca ação anestésica. A aplicação das drogas tânicas pode ser feita nos casos de catarros crônicos e nas conjuntivites (CASAMADA, 1968). No tratamento de queimaduras, as proteínas dos tecidos expostos são precipitadas e formam um revestimento protetor ligeiramente anti-séptico sob a qual pode ocorrer a regeneração dos tecidos. Contra o envenenamento com alcalóides, as soluções de taninos servem como antídotos por inativarem os alcalóides pela formação de tanato insolúvel. A capacidade de precipitar proteínas pode ser usada em curtumes, onde a pele do animal é transformada em couro, influenciando na maleabilidade, resistência e, como agente preservante por suas qualidades anti-sépticas (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997). SUÁZEZ (1961) preparou com tanino das cascas de *Eucalyptus globulus* 2 couros de carneiro e 2 de cabra com bons resultados. MORI et al. (1999) encontraram o teor de 8% de tanino na casca de *E. grandis*, obtendo bons resultados na fabricação de painéis compensados a partir de adesivos à base deste tanino.

3.3.2 Glicosídeos Flavônicos

Os glicosídeos flavônicos são conhecidos também como pigmentos das flores, por participarem da coloração das pétalas (camomila), frutos (laranja), etc, podendo também ser encontrados nas folhas de eucaliptos (COSTA, 1987). Alguns flavonóides podem ser utilizados como antiinflamatórios, antialérgicos, antibacterianos e antifúngicos, podendo apresentar propriedades antitrombóticas, inibir tumores e, outros como corantes (EVANS, 1991). Alguns flavonóides são utilizados na produção de odores e sabores de alimentos e bebidas de origem vegetal, como diuréticos ou antiespasmódicos (DI STASI, 1996).

3.3.3 Glicosídeos Antraquinônicos

Estes compostos localizam-se dissolvidos no citoplasma das células parenquimáticas, conferindo tons amarelos e avermelhados quando o conteúdo é abundante nos órgãos onde se encontram. São derivados de um núcleo fundamental antraquinônico: a 1,8-di-

hidroxiantraquinona (COSTA, 1987), por exemplo, o ácido carmínico, áloe-emodina e tectoquinona (DOMÍNGUES, 1973).

Estes glicosídeos têm propriedades tintoescas e purgantes (DOMÍNGUES, 1973). Podem apresentar contra-indicações, como a congestão dos órgãos abdominais, outras vezes a ação purgante é acompanhada de dores e cólicas, sendo também contra-indicada em casos de hemorróidas (CASAMADA, 1968). São atribuídos às antraquinonas reduzidas, as propriedades eméticas que possuem e, também, de produzirem vômitos, aumento do fluxo sanguíneo e menstrual e até o aborto nos úteros grávidos (COSTA, 1987).

3.3.4 Glicosídeos Saponínicos

O período de floração costuma coincidir com a máxima presença destes compostos na planta. Encontram-se dissolvidos no suco celular, mas depois de secas aparecem em massas esbranquiçadas no interior das células (COSTA, 1987). Encontram-se desde as raízes até as flores e frutos, em particular no parênquima do córtex, líber e medula (COSTA, 1982).

Estes compostos se dissolvem em água. Quando agitados formam espuma abundante, relativamente estável, como sabão, daí seu nome, assim podendo ser detectada sua presença (CAMARA, 1967; DOMÍNGUES, 1973). Diminuem a tensão superficial dos líquidos, formando emulsões (DI STASI, 1996).

Os glicosídeos saponínicos constituem um meio ilegal de pesca, pois são tóxicos, especialmente para animais de sangue frio, como os peixes (CAMARA, 1967; ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997). Apresentam gosto amargo e são capazes de destruir os corpúsculos das hemácias por hemólise. Muitos são tóxicos para insetos e moluscos e alguns são usados para o controle dos caramujos transmissores da esquistossomose (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997). Várias saponinas atuam como eméticos provocando vômito em doses elevadas, porém em doses pequenas possuem ação expectorante (CAMARA, 1967). Muitos glicosídeos saponínicos possuem propriedades antimicrobianas e antifugas (COSTA, 1987) e, normalmente, extratos contendo saponinas, são irritantes para a pele e mucosas, produzindo processos inflamatórios (COSTA, 1987; DI STASI, 1996). O efeito do pó aspirado determina crises prolongadas de espirros. Pelo acréscimo da permeabilidade celular, favorece a absorção e, portanto, reforça a ação farmacológica dos medicamentos (COSTA, 1987). Apresentam, ainda propriedades sudoríficas, diuréticas e depurativas. Na farmácia usam-se pelas suas propriedades afrógenas na preparação de sabões

líquidos, shampoos, dentifrícios, etc. Industrialmente podem apresentar diversas utilizações como, em detergentes e agentes espumosos na extinção de incêndios (COSTA, 1987). Algumas saponinas podem atuar sobre a pressão arterial, coração, músculos estriados e o sistema nervoso (CASAMADA, 1968).

3.3.5 Esteróides e/ou Triterpenos

São triterpenóides ($C_{30}H_{48}$), formados a partir de 6 unidades de isopreno: C_5H_8 (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997). Segundo DI STASI (1996), os esteróides, embora apresentem esqueleto com 27 a 29 carbonos e não 30, como a regra dos triterpenos, estão incluídos nesta subclasse, pois derivam do mesmo precursor, o esqualeno. Os triterpenóides livres, muitas vezes, são componentes das resinas, do látex ou da cutícula das plantas, como as cucurbitacinas e as saponinas, porém a maioria é constituída por álcoois que podem combinar-se com açúcares para formar glicosídeos, como as saponinas triterpenóides (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997). Não há diferença fundamental entre os triterpenos e os esteróides, sendo os compostos diferentes em suas propriedades (BRUNETON, 1991).

Na madeira, em específico, o esteróide com maior ocorrência é o β -sitosterol (KLOCK, 1995), assim como nas plantas em geral. O colesterol, porém é o mais comum dos esteróis. Esteróides, como os glicosídeos cardiotônicos são empregados como estimulantes cardíacos e diuréticos (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997).

3.4 EXPLORAÇÃO COMERCIAL DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE EUCALIPTOS

3.4.1 Plantio dos Eucaliptos

A multiplicação dos eucaliptos, como por exemplo o *Eucalyptus citriodora*, *E. smithii* e *E. staigeriana*, pode ser feita por sementes, diretamente em sacos de polietileno, dando origem a mudas que são plantadas em espaçamento de 3 a 3,5 m entre linhas e 1,0 a 1,3 m entre as plantas na linha. Entre 10 e 18 meses do plantio, as árvores já terão atingido cerca de 2,5 m permitindo a primeira colheita. Nesse espaçamento, um hectare contém de 3000 a 3300 árvores e produz, aproximadamente 4000 kg de folhas. Entre 6 e 10 meses após a primeira colheita, executa-se a segunda colheita nas plantas já com 3,0 a 4,0 m de altura, obtendo-se

cerca de 6000 kg de folhas/ha. Os cortes subsequentes são feitos a intervalos de 8 a 12 meses obtendo-se, em média, 7000 kg de folhas/ha. Ao fim do segundo e terceiro ano de exploração, as árvores tornam-se muito altas, dificultando a colheita, sendo então cortadas rente ao solo (KOKETSU; GONÇALVES, 1991). A regeneração e a maturação dos rebentos são as fases seguintes aos cortes. O toco de eucalipto cortado emite uma coroa de brotos que se desenvolvem rapidamente (OSSE, 1961). A brotação do tronco permite recomençar os cortes. Há florestas que permanecem economicamente produtivas após 30 anos de sua plantação (KOKETSU; GONÇALVES, 1991).

Os espaçamentos usados para a formação da floresta para a produção de óleo essencial variam de produtor para produtor. Para *Eucalyptus citriodora*, com colheita anual das folhas para a produção de óleo essencial e de lenha para energia no final da rotação (6 a 7 anos), os espaçamentos podem ser de: 3,0 x 0,5 m; 3,0 x 1,0 m; 3,0 x 1,5 m; 3,0 x 2,0 m; 2,0 x 0,5 m e 2,0 x 1,0 m (XAVIER, 1993). Os métodos florestais de *E. smithii* e *E. staigeriana* não diferem dos utilizados para o *E. citriodora* (KOKETSU; GONÇALVES, 1991).

Segundo SANTOS, LABATE e SILVA (1961), quando a plantação de *Eucalyptus citriodora* é realizada somente para a produção de óleo essencial o espaçamento de 3,0 x 1,5 m é aconselhável, pois favorece a inserção de luz e o arejamento, a expansão lateral das folhas, a mecanização nos tratos culturais, exploração e transporte das folhas. Quando a exploração não é feita especialmente para a produção de óleo essencial e sim para a produção de lenha ou da madeira, sendo o óleo essencial apenas um aproveitamento secundário, os espaçamentos adotados são de 2,0 x 2,0 m.

3.4.2 Custos de Implantação

Um produtor de óleo essencial de eucalipto deve ter bons conhecimentos tais como:

- a) Mercado: análises de preços (flutuações e limitações), mercado interno e potencial de expansão, competidores e preços competitivos para quem vender e, despesas de pessoal;
- b) Custos Adicionais: publicidade e promoções, tarifas e obrigações, seguros, transporte, controle de qualidade, acondicionamento;

- c) Produção: seleção de plantas com rendimento otimizado, vigor e resistência, programas de regeneração e plantio, desenvolvimento de pragas, cortes e destilações (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991).

Os custos envolvidos num eucaliptal são extremamente variáveis em função do lugar, tempo, organização, sistema de trabalho, etc. As despesas correspondentes às fases de regeneração e maturação dos rebentos orçam em cerca de 18 diárias e 0,780 litros de formicida por hectare e por fase. As eventuais despesas, como combate a incêndios e a surtos de pragas e moléstias são, embora imprevisíveis, estimadas na ordem de 1:1000 das despesas anuais de operação. Algumas das despesas essenciais em eucaliptais referem-se a: viveiro (moldagem de torrões, semeadura, repicagem, irrigação, tratamento, selecionamento e expedição, administração e fiscalização); campo (reconhecimento e delimitação, roçada, alinhamento, marcação e covagem, plantio, combate a formigas, replantio, capinas, aceiros, cortes e administração) (OSSE, 1961).

Além do preparo do solo para o plantio das mudas, abrangendo a limpeza do terreno, o combate às formigas, etc, a manutenção com cuidados culturais durante o crescimento das mudas, tais como araques, gradagem e capinas são os tratos exigidos. Depois que as plantas se desenvolvem costuma-se fazer apenas roçadas periódicas do mato (SANTOS; LABATE; SILVA, 1961).

Os procedimentos modernos baseados na agricultura (mecanização e produção de grandes quantidades) representam a competição com os métodos primitivos. As essências assim obtidas possuem melhores qualidades, mas as despesas operacionais são altas, conseqüentes de altos salários, de amortização de capital investido, etc. De preferência, a empresa deve explorar óleos essenciais de plantas que cresçam na vizinhança em grandes plantações, servida de boas estradas e a região apresentar condições de solo, clima, altitude, etc (BIDÁ, 1985).

Segundo DIERBERGER (1986), um fator inibidor para o desenvolvimento da produção de óleos essenciais no Brasil é o alto custo de investimento na parte industrial. Dierberguer relata o recebimento de inúmeras consultas de proprietários de terras que pretendiam produzir um ou outro óleo essencial, mas quando lhes era informado qual o investimento necessário, geralmente desistiam. Sem uma caldeira, no mínimo duas dornas (se possível de aço inoxidável), florentino, etc. não é possível destilar. As culturas após sua implantação levam algum tempo antes de dar o seu retorno. Em geral se justificam ações dessas, quando a área for grande. Uma saída possível seria a formação de cooperativas de

produtores de matéria-prima que juntando sua produção a possam destilar em uma destilaria comum e bem administrada, moderna, com respaldo técnico, com um ótimo de rentabilidade e que o produto final seja comercializado por pessoa de gabarito, que deve aproveitar ao máximo os preços quando a conjuntura for favorável possibilitando a sobrevivência da cooperativa quando chega a época das cotações baixas, pois dos vários óleos essenciais produzidos pela Dierberger ao longo de muitos decênios não houve um só que tivesse apresentado preços estáveis, sendo uma eterna flutuação das cotações, responsáveis pela insegurança do setor. Segundo VALE e CUNHA (1971), a exploração de eucalipto para a fabricação de pastas de papel pode tornar política e economicamente desejável a exploração das folhas de eucaliptos.

3.4.3 Coleta do Material Vegetal

A primeira coleta das folhas de *Eucalyptus smithii* é feita aos 20-24 meses com um intervalo de 16 meses para os cortes posteriores (COPPEN, 1992). Para *E. citriodora*, a exploração das folhas pode ser iniciada a partir do primeiro ano através de uma desrama dos galhos laterais, deixando apenas uma pequena copa de ponteiro para permitir a continuidade do desenvolvimento da planta (GALANTI, 1987). O desfolhamento em *E. citriodora* não deve exceder 50 % da folhagem (BRAGA, 1971).

PENFOLD (1965) relata que depois do segundo ano de corte em *Eucalyptus citriodora* podem ser realizados um ou dois cortes por ano dependendo das condições climáticas, da natureza do solo, idade das plantas, distância entre as árvores e tratos culturais que influenciam no rendimento anual de folhas verdes que pode ser de 2 a 5 kg por árvore. Em outras palavras, um hectare pode produzir de 4000 a 10000 kg de material foliar. Uma árvore de 6 a 8 anos de idade pode render de 20 a 60 kg de folhas por ano.

Os cortes das folhas e ramos terminais para destilação podem ser manuais, por meio de facas afiadas ou por cortadores mecanizados (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991). As árvores de espécies selecionadas são cortadas em torno de um ou dois pés do chão, sendo que alguns preferem cortar abaixo dessas medidas em algumas situações. Na Guatemala, dependendo do desenvolvimento do eucalipto pode-se efetuar dois cortes por ano das folhas e ramos terminais com o máximo de ½ polegada de diâmetro (PENFOLD, 1965).

Entre o momento do corte, por exemplo, de *E. citriodora* e o da destilação, sempre decorrem algumas horas, durante as quais processa-se uma murchação das folhas, o que virá

favorecer a destilação, pela eliminação de uma parte da água nelas contidas. A exposição demorada ao sol, do material a extrair, porém acarreta sensíveis perdas de óleo essencial e afeta a sua composição, depreciando a qualidade do produto. Os produtores não costumam deixar montes muito altos de material vegetal, por muito tempo, por terem constatado a possibilidade de fermentação, reduzindo sensivelmente o rendimento em óleo essencial prejudicando sua qualidade (SANTOS; LABATE; SILVA, 1961).

Para assegurar uma eficiente extração do óleo essencial, o material deve ser previamente preparado. A redução do tamanho do material, aumenta a velocidade de destilação do óleo essencial. O grau de redução requerido depende da natureza do material vegetal. Folhas e partes aéreas não fibrosas podem ser destiladas sem redução de tamanho. É evidente que o material depois de destilado ou reduzido no seu tamanho, deve ser imediatamente destilado para evitar a perda de componentes voláteis, com a conseqüente redução do rendimento e/ou alteração na sua composição. A perda do óleo essencial pode ocorrer por volatilização, oxidação e resinificação (KOKETSU; GONÇALVES, 1991). A presença de flores ou sementes na destilação do material vegetal pode alterar a composição do óleo essencial de eucaliptos devendo então serem eliminados do processo (PENFOLD, 1965).

3.4.4 Destilação do Material Vegetal

O princípio de destilação dos óleos essenciais de eucaliptos é um processo simples. Começa quando o alambique é preenchido com a folhagem, sendo o seu correto carregamento importante para uma eficiente destilação. O alambique é então fechado e o vapor passa através da carga para extrair a essência. O vapor injetado no alambique destilador passa irregularmente pelos espaços através da carga, sendo que os melhores resultados são obtidos quando as folhas são carregadas firmemente ao redor dos lados e nos cantos. Os alambiques poderiam ser enchidos completamente para se evitar que excessivos espaços de ar na parte superior destes extratores possam reduzir a eficiência da destilação (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991).

O óleo essencial é desprendido da glândula oleífera pela sua expansão sob o calor do vapor injetado convertendo-o também em vapor. O vapor de água injetado e o óleo essencial, como vapores, então passam por um condensador na qual serão resfriados e fluirão para um recipiente. Com o óleo essencial de eucalipto, a separação no recipiente é espontânea à

temperatura normal (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991). É necessário um amplo suprimento de água para se proceder à destilação, especialmente a água de refrigeração (PENFOLD, 1965).

O tempo requerido para a completa destilação depende de um número de fatores incluindo a espécie, tipo de alambique, quantidade de vapor injetado e sua uniformidade, etc. (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991). O tempo de destilação também poder variar de acordo com a qualidade do óleo essencial que se pretende obter (BIDÁ, 1985). Para óleos essenciais de eucaliptos ricos em 1,8-cineol, o tempo de destilação pode influenciar na qualidade da essência extraída, pois nos estágios posteriores da destilação o teor de 1,8-cineol é pequeno, prejudicando a qualidade do volume final. Em eucaliptos com óleos essenciais ricos em piperitona, porém a destilação pode continuar por muito mais tempo para, no final, a essência extraída apresentar-se mais rica neste composto (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991).

Segundo VALE e CUNHA (1971), para uma extração industrial através de vapor com uma carga de 500 kg de folhas de *Eucalyptus globulus*, em Portugal, o tempo ótimo de extração está na ordem de 50 minutos, enquanto que para 1000 kg de folhas é de 90 minutos.

3.4.5 Melhoramento Florestal para a Produção de Óleo Essencial

A melhoria de vários caracteres da espécie florestal é de grande importância, pois contribui para o aumento da produtividade pela elevação dos genótipos superiores. Uma das bases do melhoramento florestal é a seleção que atua sobre a variação individual, pois quando há variação suficiente na constituição genética dos indivíduos numa população, tais caracteres tornam-se altamente eficientes para o melhoramento genético (XAVIER, 1993).

O melhoramento de *Eucalyptus citriodora* a partir de matrizes introduzidas no Horto Florestal Navarro de Andrade, em Rio Claro - SP permitiram, através de trabalhos de mais de 20 anos e 5 gerações, a obtenção de 40 progênies selecionadas para a produção de óleo essencial que apresentaram rendimentos médios entre 2,0 e 2,5% com teores de citronelal superiores a 85%, enquanto que culturas não selecionadas de *E. citriodora* produziram em média rendimentos de 1,0 a 1,5% em relação ao peso verde e com teor de citronelal na ordem de 75% (DONALÍSIO, 1986).

3.5 VARIAÇÕES NO RENDIMENTO E NA QUALIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL EM EUCALIPTOS

As variações qualitativas e quantitativas nas características do óleo essencial dentro e entre espécies poderia ser atribuída a três fatores principais: genética, tipo e idade das folhas e, meio ambiente e um, de quarta dimensão, representado pelos erros surgidos na determinação destas variações, como técnicas de extração e análises. Estes fatores podem ser considerados quando comparam-se óleos essenciais (rendimento e composição) de espécies ou entre indivíduos da mesma espécie. As variações qualitativas são mais comuns entre espécies. Dentro de espécies a variabilidade é tipicamente quantitativa e, como exemplo de variação qualitativa dentro de espécies tem-se a variação causada pela localização geográfica (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991).

A composição química dos óleos essenciais pode variar muito locais de plantação, época do ano, clima, solo, altitude, idade da planta, tempo de colheita, cuidado na manipulação do material, etc. (BASSANI, 1971), teor de umidade do material vegetal, método e tempo de destilação pressão de vapor injetado no material vegetal, procedência da planta entre outros (XAVIER, 1993).

O rendimento de óleo essencial em várias idades parece ser determinado pelo complexo padrão de mudanças quantitativas em indivíduos ou grupos de compostos, nas quais algumas espécies mantêm e outras aumentam ou diminuem o teor dos mesmos com a idade (SIMMOUNS; PARSON, 1987).

Podem haver diferenças no rendimento não somente entre espécies, mas também entre indivíduos de uma mesma população (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991). PENFOLD (1965) cita que em *Eucalyptus globulus* o maior rendimento em óleo essencial é obtido a partir das folhas do topo das árvores possuindo também um óleo essencial de melhor solubilidade e maior teor de 1,8-cineol do que as folhas das partes mais baixas.

O complexo fenômeno de variação sazonal na concentração do óleo essencial nas folhas poderia ser explicado ao menos em termos de balanço dinâmico pela síntese de terpenos, como o aumento das concentrações e suas alterações e utilizações pela planta, sendo relacionado com a atividade metabólica do eucalipto. As mudanças sazonais das características do óleo essencial podem ser muito mais pronunciadas entre as plantas jovens, fisiologicamente ativas, em plantações de rápido crescimento (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991).

Com relação à influência da umidade apresentada pelo material, a ser extraído, no rendimento em óleo essencial, BIDÁ (1985) verificou um rendimento de 0,40% de óleo essencial das folhas recém coletadas de *Nectandra grandiflora* e 0,80% para as folhas desidratadas. Segundo ZRIRA e BENJILALI (1991), o rendimento em óleo essencial das folhas de *E. camaldulensis* aumentou quando elas foram secas ao ar, porém não houve mudanças em relação à composição do óleo essencial.

3.5.1 Variação Devido ao Tipo e Idade das Folhas

As folhas de eucaliptos passam por 5 fases distintas de desenvolvimento morfológico durante suas vidas, cada uma correspondendo a um certo estágio ontogenético:

- a) Cotilédones;
- b) Folhas Novas (seedling leaves): os primeiros 5 a 10 pares de folhas acima dos cotilédones;
- c) Folhas Juvenis (juvenile leaves): diferentes das folhas adultas em várias características morfológicas podendo persistir por um número de anos;
- d) Folhas intermediárias (intermediate leaves): folhas em transição entre as folhas juvenis e as folhas adultas, sendo que esta transição pode ser abrupta ou gradual;
- e) Folhas Adultas (adult leaves): folhas maduras com cerca de 6 meses ou, velhas com cerca de 12 a 18 meses de idade.

Estas fases são cuidadosamente separadas e não devem ser confundidas com a idade fisiológica das folhas, comumente denotadas pelos termos “folhas jovens”: folhas com 1 mês ou menos de idade (crescimento das pontas ou fluxo de crescimento das árvores); “folhas maduras”: folhas com cerca de 6 meses de idade; e “folhas velhas”: folhas com cerca de 12 a 18 meses de idade. A média de vida das folhas de eucaliptos é em torno de 18 meses, porém, em algumas espécies, persiste por 3 a 4 anos. Qualquer uma destas idades fisiológicas citadas das folhas podem existir, portanto, em qualquer uma das 3 fases ontogenéticas: juvenil, intermediária e adulta (PENFOLD; WILLIS, 1961).

³BERRY (1947), citado por BOLAND, BROPHY e HOUSE (1991), relatou que em *Eucalyptus cnerifolia* as folhas adultas geralmente rendem menos óleo essencial do que em folhas juvenis.

LI, MADDEN e POTTS (1995), ao pesquisarem 12 espécies de eucaliptos do sub-gênero *Monocalyptus* verificaram que os rendimentos das folhas adultas (1,3 a 4,9%, base peso seco) foram marcadamente maiores do que nas folhas juvenis (0,1 a 3,1%). A composição de óleos voláteis das folhas adultas e juvenis foi qualitativamente similar, mas quantitativamente diferente em alguns componentes dos óleos essenciais, de algumas espécies.

LI, MADDEN e POTTS (1996), no entanto, ao pesquisarem 17 espécies de eucaliptos do sub-gênero *Symphyomyrtus* concluíram que os rendimentos em óleo essencial nas folhas juvenis (1,4 a 5,1%, base peso seco) foram similares ou maiores do que nas folhas adultas (0,8 a 5,3%), porém a composição química dos óleos voláteis, tanto das folhas juvenis quanto das folhas adultas, foi qualitativamente similar, mas quantitativamente diferente em alguns componentes em algumas espécies. No entanto, FRANICH (1986), pesquisando o óleo essencial das folhas adultas e juvenis, de *Eucalyptus nitens*, encontrou nas folhas juvenis menos da metade do teor de óleo essencial em relação às folhas adultas (2,5%). SILVESTRE et al. (1997) observaram que as folhas juvenis de *E. globulus* apresentaram maior rendimento em óleo essencial do que as folhas adultas, mas com menor teor de 1,8-cineol.

BRYANT (1950) pesquisou as variações no rendimento e na composição dos óleos essenciais de *Eucalyptus smithii*, *E. australiana* e *E. dives* de acordo com a idade das folhas. Comparando-se os rendimentos em folhas novas e em folhas velhas não encontrou variação significativa em *E. smithii*, mas sim em *E. dives* (4,0 a 9,6%) e *E. australiana* (3,8 a 7,0%). Analisando a composição do óleo essencial, o *E. dives* variou o teor de felandreno de 14% (folhas velhas) à 24% (folhas novas). O teor de 1,8-cineol para *E. australiana* não apresentou diferença entre os diferentes grupos de folhas, mas seu rendimento caiu com a idade, enquanto que o *E. smithii* mostrou um pronunciado aumento no teor de 1,8-cineol nas folhas mais velhas.

COPPEN (1992) relatou que os eucaliptos não são homogêneos em termos de tipos de folhas, pois folhas juvenis e adultas, assim como folhas jovens e velhas estão usualmente presentes. Para o entendimento das variações existentes entre diferentes partes das árvores e

³ BERRY, P.A. The seasonal variation of the essential oil from the growing tips of *E. cnerifolia* with special reference to the occurrence of cymene. *J. Aust. Chem. Inst.*, 14, 175-200.

de planta para planta, estudou 10 árvores individuais de *Eucalyptus smithii* (quadros 9 e 10), considerando 4 partes das árvores:

- a) Folhagem da parte inferior da árvore;
- b) Folhagem a 2/5 da altura das árvores;
- c) Folhagem a 3/5 da altura das árvores;
- d) Folhagem Remanescente, incluindo as das amostragens anteriores misturadas, representando toda a árvore.

Neste trabalho, COPPEN (1992) secou as folhas ao ar e sob a sombra, concluindo que tanto o teor de 1,8-cineol quanto o rendimento em óleo essencial foram maiores nas folhas da parte inferior da árvore, com 7,85% de rendimento e em teor de 1,8-cineol com 64,4% do óleo essencial, decrescendo com a altura da árvore: folhas a 2/5 de altura, com rendimento de 7,38% e teor de 59,8% de 1,8-cineol; folhas a 3/5 de altura, com rendimento de 6,80% com teor de 58,2% de 1,8-cineol; e a mistura de todo o material remanescente, incluindo as amostragens anteriores apresentaram 7,08% de rendimento com teor de 61,0% de 1,8-cineol. Para o rendimento concluiu que 75% da variação total era atribuída à variação entre árvores e 16% para a variação dentro da árvore e, para o 1,8-cineol, o teor foi de 82% e 15%, respectivamente. O rendimento em óleo essencial e o teor de 1,8-cineol mostraram ser altamente dependentes do tipo de folha amostrada e da posição da árvore.

3.5.2 Variações Devido ao Meio Ambiente

Segundo ROBBERS, SPEEDIE e TYLER (1997), plantas da mesma espécie, nascidas em diferentes partes do mundo, em geral têm os mesmos componentes, mas suas percentagens podem diferir. Muitas comparações poderiam ser feitas entre árvores, em locais com diferentes condições de crescimento, na mesma árvore em diferentes épocas ou entre árvores em diferentes condições fisiológicas, sendo importantes para determinar quais fatores ambientais poderiam afetar a quantidade e a composição química dos óleos essenciais produzidos (BRYANT, 1950).

SILVESTRE et al. (1997) estudaram as folhas juvenis de *E. globulus*, concluindo que as variações na composição da essência devido a localização geográfica não foram significativas.

QUADRO 9 - VARIABILIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii* DENTRO E ENTRE ÁRVORES: árvores 1 a 5

Constituintes do Óleo Essencial	Árvore 1				Árvore 2				Árvore 3				Árvore 4				Árvore 5			
	(1.)	(2.)	(3.)	(4.)	(1.)	(2.)	(3.)	(4.)	(1.)	(2.)	(3.)	(4.)	(1.)	(2.)	(3.)	(4.)	(1.)	(2.)	(3.)	(4.)
Isovaleraldeído	1,9	1,5	1,1	0,6	0,1	1,0	1,8	1,7	2,5	1,5	1,5	2,7	0,1	2,5	2,9	0,2	0,5	2	2,7	1,8
alfa-Pineno	6,1	5	4,2	4,5	4,5	5,1	5,3	5,3	6,9	6,6	6,6	6,9	6,4	7,6	8,2	7	3,7	3,9	4,3	4
alfa-Fenqueno	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Canfeno	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	0,1	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
beta-Pineno	0,2	0,3	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,4	0,5	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2
Mirceno	0,3	0,7	0,7	0,6	0,5	0,8	1	0,9	0,2	0,6	0,6	0,5	0,1	0,5	0,7	0,4	0,3	0,5	0,6	0,5
Limoneno	5,2	5,7	5,7	5,5	6,9	7,3	7,7	7,5	6,3	7	6,9	6,8	6	7,1	7,2	7	4,6	4,6	4,5	4,6
1,8-Cineol	60,7	57,7	57,7	58,3	65	60,4	58,2	59,4	68,6	64,3	63,5	63,5	73,3	65	62,8	68,6	52,6	48,1	44,9	48,7
gama-Terpineno	5,9	5	3,8	5,3	0,1	tr	0,3	0,3	0,2	0,1	tr	0,2	0,1	0,2	0,2	tr	4,6	4,6	7,3	4,2
p-Cimeno	5,2	7	8,4	6,4	2,4	2,7	1	1,5	1,3	1,6	1,4	1,2	0,4	0,4	0,3	0,6	7,5	7,2	4	7,4
Terpinoleno	tr	0,2	0,3	0,2	tr	tr	0,2	0,1	tr	tr	tr	0,1	tr	0,1	0,2	tr	tr	0,3	0,5	0,2
Linalol	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Terpinen-4-ol	1,4	1,5	1,6	1,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	1,6	1,6	1,5	1,5
Aromadendreno	0,1	0,1	0,1	0,1	1,1	1,2	1	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	tr	tr	tr	0,1	0,1	0,1	0,1
Alloaromadendreno	tr	tr	tr	tr	0,5	0,4	0,4	0,4	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	0,1	tr
trans-Pinocarveol	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	0,2	tr	tr	0,1	0,3	tr	tr	0,1	tr	tr	tr	tr
delta-terpineol	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
alfa-terpineol	4,1	3,1	3	3,5	2,9	3,3	3,6	3,3	4,1	4,2	4	4	4,7	4,8	4,3	4,8	6,8	5,9	5,1	6,1
Viridiflorol	tr	tr	tr	tr	0,5	0,5	0,5	0,5	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Espatuleno	tr	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	tr	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2
gama-Eudesmol	0,7	1,5	1,7	1,6	1,1	1,5	1,4	1,3	0,8	1,5	1,9	1,6	0,6	1,2	1,7	1,2	1,9	2,9	3,5	2,8
Agarospiról	0,5	0,6	0,7	0,7	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,7	0,8	0,7	0,3	0,6	0,7	0,6	1,1	1,3	1,6	1,3
alfa-Eudesmol	1,5	2,4	2,6	2,6	1,9	1,9	2,1	2,1	1,6	2,7	2,9	2,8	1	2,3	2,8	1,8	3,7	4,7	5,6	4,6
beta-Eudesmol	2,4	3,5	3,8	3,7	3	2,9	2,7	2,8	3	4,4	4,9	4,3	2,5	3,6	4	3,4	5,9	6,7	7,5	6,8
Outros	3,5	3,7	3,8	4,1	7,5	8,9	10,8	10	2,7	3,3	3,4	3,2	3,1	2,7	2,5	3	4,4	4,8	5,2	4,6

FONTE: COPPEN (1992).

NOTAS: (1.) Folhagem Juvenil, removidas da parte inferior da árvore;

(2.) Folhagem removida à Altura de 2/5 da árvore;

(3.) Folhagem removida à Altura de 3/5 da árvore;

(4.) Todas as Folhas Remanescentes da Árvore, incluindo as já Amostradas;

tr – traços.

QUADRO 10 - VARIABILIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii* DENTRO E ENTRE ÁRVORES: árvores 6 a 10

Constituintes do Óleo Essencial	Árvore 6				Árvore 7				Árvore 8				Árvore 9				Árvore 10			
	(1.)	(2.)	(3.)	(4.)	(1.)	(2.)	(3.)	(4.)	(1.)	(2.)	(3.)	(4.)	(1.)	(2.)	(3.)	(4.)	(1.)	(2.)	(3.)	(4.)
Isovaleraldeído	1,4	1,9	1,2	0,3	2,1	0,5	2,3	0,2	1,9	0,4	2,4	0,3	1,6	1,7	0,6	0,1	1,4	2,8	2,3	1,8
alfa-Pineno	7	6,3	6,6	6,6	7,1	6,7	7,4	6,5	7,5	6,5	6,4	6,1	6,8	7,2	6,6	6,1	5,5	5,8	6,1	6,1
alfa-Fenqueno	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Canfeno	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
beta-Pineno	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5	0,2	0,3	0,4	0,3
Mirceno	0,3	0,6	0,7	0,5	0,3	0,6	0,7	0,5	0,4	0,5	0,7	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6	0,1	0,4	0,5	0,4
Limoneno	6,2	6,7	6,8	6,8	6,1	6,9	6,8	6,6	6,4	6,5	6,5	6,4	6,3	6,4	6,3	6,3	5,7	6,5	6,8	6,5
1,8-Cineol	58,2	54,8	53,3	56,4	68	64,6	60,9	66,4	65	63,1	58,7	62,4	62,8	58,3	58,9	60,3	70	62	63	66,1
gamma-Terpineno	0,1	0,2	0,1	0,1	tr	tr	0,1	tr	0,1	tr	0,2	tr	0,2	0,2	tr	tr	0,1	0,1	0,1	0,1
p-Cimeno	0,9	0,6	0,8	0,9	0,6	0,6	0,5	0,6	0,9	1,4	0,8	1,2	0,8	1,1	1,1	1,1	1	1,1	1	1,1
Terpinoleno	tr	0,1	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	0,1	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Linalol	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Terpinen-4-ol	0,5	0,6	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,5	0,4
Aromadendreno	0,2	0,1	0,2	0,2	tr	0,1	0,1	tr	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	tr	tr	tr
Alloaromadendreno	0,1	0,1	0,1	0,1	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Trans-Pinocarveol	0,1	tr	tr	tr	0,2	0,1	tr	0,1	0,1	tr	tr	tr	0,1	tr	tr	tr	0,2	0,1	tr	0,1
delta-terpineol	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
alfa-terpineol	5,1	5,9	5,3	5,6	4	4,2	3,7	4,2	4,2	4,4	4,1	4,3	4	3,9	3,9	4,1	3,3	3,3	3,4	3,3
Viridiflorol	0,3	0,1	0,4	0,4	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	tr	0,1	0,2	0,1
Espatuleno	0,8	0,2	0,5	0,6	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	tr	0,1	0,1	0,1
gamma-Eudesmol	1,7	3,1	3,6	2,7	0,9	1,8	2,2	1,6	1,1	2	2,6	2,3	1,7	2,6	3	2,8	1	2,1	1,9	1,4
Agarospiról	1,1	1,3	1,3	1,2	0,5	0,9	1	0,8	0,7	0,8	1	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1	0,7	1,1	1,1	0,9
alfa-Eudesmol	4	5,3	5,3	4,7	1,6	2,9	3,4	2,4	2,6	3,2	4,2	3,5	3,5	4,6	4,4	4,3	1,9	3,8	3,6	2,9
beta-Eudesmol	6,8	7,7	8,2	7,2	3,4	4,9	5,1	4,5	4,4	5,6	6	6,1	5,8	6,8	7,5	7,3	4,4	6	5,5	4,8
Outros	4,7	3,6	4,4	4,4	4	3,6	4,1	4,1	3,2	3,7	4,2	4,1	3,5	3,4	3,9	3,8	3,7	3,7	3,2	3,3

FONTE: COPPEN (1992).

NOTAS: (1.) Folhagem Juvenil, removidas da parte inferior da árvore;

(2.) Folhagem removida à Altura de 2/5 da árvore;

(3.) Folhagem removida à Altura de 3/5 da árvore;

(4.) Todas as Folhas Remanescentes da Árvore, Incluindo as já Amostradas;

tr – traços.

Com relação ao *Eucalyptus smithii*, WANG, WANG e XIE (1997) obtiveram, na China, rendimento de 1,92% em óleo essencial com 81,25% de cineol, porém em Ruanda, CHALCAT et al. (1997) observaram rendimento de 2,50% de óleo essencial com 84,27% de 1,8-cineol a partir das folhas adultas de árvores com 10 anos de idade.

COSTA (1975) obteve, em Nova Lisboa (Angola), rendimento de 1,1% de óleo essencial em *Eucalyptus smithii* com 80% de 1,8-cineol. Na região do litoral ao norte do Tejo (Portugal), o *E. smithii* tem um rápido desenvolvimento e sua folhas possuem maiores quantidades de óleo essencial (2%) com 75 a 80% de 1,8-cineol.

3.5.3 Variações Sazonais

Flutuações sazonais no rendimento de óleo essencial e na proporção dos constituintes têm sido verificadas em muitas espécies, mas os resultados são um tanto contraditórios (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991). Várias destas flutuações foram observadas por PENFOLD e WILLIS (1961) ao estudarem diversas espécies de eucaliptos nas quais notaram que o rendimento era menor em plantas coletadas nos meses de inverno do que no verão.

Na Espanha destilam-se as folhas de *E. globulus* de plantas com mais de 6 - 8 anos de idade na primavera e verão por serem os períodos de maior riqueza de 1,8-cineol (COSTA, 1986). Em Portugal, que cultiva o *Eucalyptus globulus*, o rendimento é mais favorável no verão diminuindo no outono e inverno. O estado de desenvolvimento das folhas, relacionado com a idade das plantas, tem também influência. As folhas das árvores mais idosas e, destas as que provêm dos ramos superiores fornecem as essências mais ricas em 1,8-cineol (COSTA, 1986). Segundo VALE e CUNHA (1971), em Portugal, nas estações frias de outono e inverno, diminui simultaneamente o rendimento em óleo essencial e o teor de 1,8-cineol em *E. globulus*.

ZRIRA e BENJILALI (1996) observaram as variações sazonais de rendimento do óleo essencial das folhas de 5 espécies de eucaliptos, de 34 a 38 anos de idade, concluindo que estas variações eram evidentes em algumas espécies, mas em outras não.

WILDY, PATE e BARTLE (2000) pesquisaram 9 espécies de eucaliptos no Oeste da Austrália, concluindo que as concentrações de 1,8-cineol foram maiores no começo do verão quando comparado com o inverno. No verão, altas proporções de folhas recém amadurecidas estavam presentes. O principal período de crescimento para eucaliptos, nesta região, ocorre

quando a luz, a temperatura e a água não são fatores limitantes de crescimento. Isto coincide com o começo do verão, na qual a produção de biomassa é 30% maior do que no inverno.

WANG, WANG e XIE (1997) observaram diferenças nos rendimentos de óleo essencial em várias procedências de *Eucalyptus smithii* (tab. 5) plantadas na China, observando que no inverno o rendimento em óleo essencial foi maior.

TABELA 5 - RENDIMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii* COM 2 ANOS DE IDADE, NO SUDOESTE DA CHINA A PARTIR DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS

Procedência	Lote	Latit.	Long. S	Altitude (m)	Abril Prim.	Julho Verão	Outubro Outono	Janeiro Inverno	Média %
20k wnw of Braidwood - NSW	15544	35°23'	149°37'	950	2,13	1,74	1,91	2,33	2,03
Wingello - NSW	15092	34°42'	150°10'	650	2,21	1,77	1,85	2,28	2,03
Nw of Narooma - NSW	15091	36°00'	150°00'	450	1,37	2,07	1,95	2,60	2,00
Mt Dromedary - NSW	15059	36°18'	150°01'	305	2,49	1,90	1,76	1,56	1,93
40k s of Eden - NSW	15542	37°27'	149°51'	200	2,13	1,39	1,55	2,33	1,85
Bodalla sf nw Narooma - NSW	17131	36°12'	150°04'	90	1,82	1,32	1,74	2,05	1,85
13k n of Orbost - VIC	15545	37°36'	148°30'	300	1,92	1,31	1,42	2,44	1,77
Rendimento Médio					2,01	1,64	1,74	2,29	1,92

FONTE: WANG, WANG e XIE (1997).

MOREIRA et al. (1980) observaram as variações mensais do rendimento de óleo essencial e do teor em 1,8-cineol a partir de folhas recém colhidas e fragmentadas de *Eucalyptus cinerea*, em Quatro Barras - PR, durante um ano. Concluíram que, de junho a dezembro, o rendimento em óleo essencial foi mais alto (tab. 6), porém não houveram variações significativas em relação ao teor de 1,8-cineol.

TABELA 6 - RENDIMENTO, TEOR DE 1,8-CINEOL, DENSIDADE RELATIVA, ÍNDICE DE REFRAÇÃO E PODER ROTATÓRIO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus cinerea*

Data de Coleta	Rendimento (%)	1,8-Cineol (%)	Densidade Relativa	Índice de Refração	Poder Rotatório
10/07/79	8,20	62,80	0,9183	1,4666	+ 2,5044
13/08/78	8,10	62,80	0,9184	1,4659	+ 2,4053
11/09/79	7,90	62,80	0,9183	1,4659	+ 2,4504
09/10/79	8,00	62,10	0,9182	1,4662	+ 2,4054
19/11/79	8,10	61,90	0,9184	1,4665	+ 2,4024
20/12/79	8,10	62,00	0,9184	1,4666	+ 2,5045
21/01/80	6,90	61,80	0,9177	1,4665	+ 2,5066
22/02/80	5,90	62,80	0,9179	1,4600	+ 2,5044
12/03/80	4,10	61,80	0,9180	1,4659	+ 2,5559
15/04/80	4,60	61,00	0,9163	1,4620	+ 2,5065
20/05/80	5,10	61,00	0,9176	1,4665	+ 2,5066
16/06/80	6,90	61,90	0,9182	1,4662	+ 2,4504
09/07/80	8,10	62,00	0,9182	1,4665	+ 2,5066

FONTE: MOREIRA et al. (1987).

Segundo SANTOS, LABATE e SILVA (1961), a melhor época para o corte em *Eucalyptus citriodora*, em São Paulo, corresponde aos meses mais secos, isto é, durante o

período que vai de abril a setembro. O rendimento passa a ser maior em função do menor teor de água nas folhas e as operações de colheita, de murchamento e de transporte das folhas não são afetadas pela instabilidade do tempo. A qualidade do óleo essencial referente ao teor de citronelal é maior no período seco (abril a setembro) com 79,5%, do que no período chuvoso com 77,4%.

3.5.4 Variações Devido às Análises Técnicas

Um pesquisador inexperiente pode encontrar muitos problemas de amostragens técnicas para análises assim como na interpretação de dados. Por exemplo, muitas informações sobre as variações sazonais são confundidas por outras influências, como a mudança de idade das folhas e diferenças genotípicas (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991).

Com relação a diferentes condições de extração do óleo essencial de *Eucalyptus smithii*, BIGNELL, DUNLOP e BROPHY (1998) encontraram rendimento de 0,73% com 77,5% de 1,8-cineol no Sul da Austrália a partir de folhas adultas finamente trituradas e secas, destiladas a vácuo, enquanto BOLAND, BROPHY e HOUSE (1991) obtiveram 2,4 a 3,0% de óleo essencial com 80,54% de 1,8-cineol a partir de folhas juvenis frescas com ramos terminais, em New South Wales (Austrália) destiladas em Aparelho de Clevenger. CHISOWA (1997) destilando com Aparelho Tipo Clevenger, na Zâmbia, as folhas de *E. smithii* secas ao ar, de material com 15 meses de idade, encontrou rendimento de 7,1% de óleo essencial com 86,4% de 1,8-cineol.

3.6 DESTILAÇÃO POR ARRASTE COM VAPOR D'ÁGUA

A destilação por arraste com vapor d'água se caracteriza pela facilidade na extração do material, geralmente moído ou triturado, que é colocado em um recipiente através do qual se faz passar uma corrente de vapor d'água com ou sem pressão (CRAVEIRO et al., 1981).

Podem ser distinguidos 3 tipos de destilação:

- a) Destilação com Água: o material vegetal a ser destilado fica em contato direto com a água em ebulição, flutuando ou imerso no líquido;

- b) Destilação com Água e Vapor d'Água: o material é colocado sobre um suporte ou placa perfurada a um ponto logo acima do fundo da dorna. A dorna é preenchida com água a um nível pouco inferior a esta placa. A água é aquecida e o vapor úmido atravessa o material de modo que a planta não fica em contato direto com a mesma;
- c) Destilação Direta com Vapor d'Água: é semelhante ao processo anterior, porém não há água no fundo da dorna. O vapor saturado ou superaquecido e, freqüentemente, de pressão superior à atmosférica é introduzido, atravessando o material sobre o suporte (GUENTHER, 1960; KOKETSU; GONÇALVES, 1991).

Na instalação em pequena escala, em pequenas unidades portáteis no campo, a destilação com água ou, com água e vapor d'água oferece a vantagem da simplicidade. Para destilações em maior escala, em instalações permanentes, a destilação direta em vapor d'água é o método mais adequado (KOKETSU; GONÇALVES, 1991).

3.6.1 Aparelhagem de Destilação

A aparelhagem de destilação por arraste com vapor d'água compreende caldeira, dornas, condensadores, vaso separador, vaso coletor, etc. conforme figura 3 (BRILHO, 1966).

3.6.1.1 Caldeiras

Vários tipos de caldeiras podem ser utilizadas para a produção de vapor: horizontais, verticais, à lenha, a óleo, etc (BRILHO, 1966). As caldeiras são equipadas com nível de água, válvula de segurança, manômetro e injetor. Há as que possuem bombas alimentadoras de água, a vapor ou elétricas. O combustível usado é, geralmente a lenha. Alguns, contudo, queimam as próprias folhas que saem do alambique, após a extração. As canalizações de vapor são, usualmente nuas, porém os produtores as protegem com isolantes térmicos para economia de vapor (SANTOS; LABATE; SILVA, 1961).

3.6.1.2 Dornas

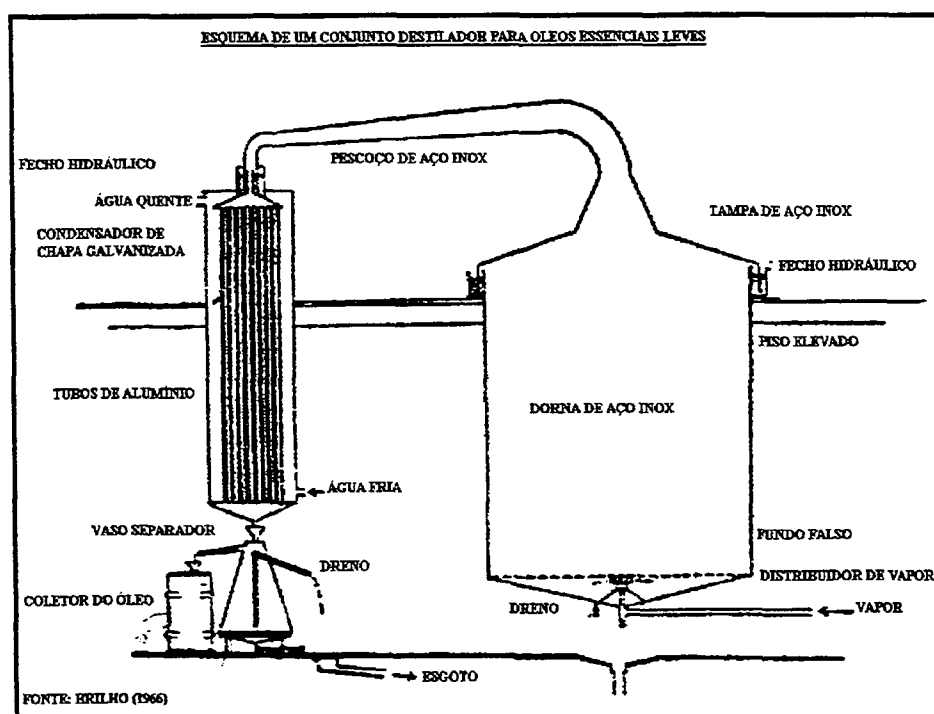
O ferro é muito empregado na construção de dornas, mas com o *Eucalyptus citriodora*, por exemplo, os produtos da destilação são bastante corrosivos e, além do mais,

as condições comuns de trabalho dos aparelhos favorecem a oxidação, razão pela qual a durabilidade da chapa de ferro é limitada. Usam-se, normalmente, chapas de 3/16 de polegada (4,8 mm) de espessura, porém variável com a capacidade dos aparelhos (SANTOS; LABATE; SILVA, 1961). A dorna ideal deve ser construída de chapas de aço inoxidável, provida de fundo falso (ripado de madeira) conforme figura 3, para isolar a massa verde nela contida e em destilação do sistema distribuidor de vapor localizado em sua porção inferior (BRILHO, 1966).

As dimensões da dorna variam muito, sendo, em geral, de altura maior que o diâmetro, mas podem aparecer dornas com, por exemplo, 2m de altura x 2m de diâmetro com cerca de 6000 litros de capacidade. As dornas mais pequenas são mais frequentes, sendo de 0,80 m de diâmetro por 1,60 m de altura com aproximadamente 800 litros de capacidade (SANTOS; LABATE; SILVA, 1961). Na Austrália, as destiladoras possuem tanques que podem destilar uma tonelada de folhas e ramos terminais (PENFOLD, 1965). Segundo KOKETSU e GONÇALVES (1991), a capacidade normal de uma dorna é de 2500 a 5500 litros, havendo maiores, de 6000 a 7000 litros. No caso de folhas, pode-se considerar uma média de 200 kg para cada 1000 litros de capacidade de dorna.

A tampa da dorna (fig. 3) com seu respectivo pescoço, ambos de aço inoxidável, serve de ligação entre a dorna e o condensador. O fundo da dorna, de forma cônica, deve estar provido de uma torneira de drenagem para o esgotamento da água de condensação que no

FIGURA 3: DESTILAÇÃO COM ARRASTE A VAPOR D'ÁGUA



decorrer de cada destilação se acumula sob o fundo falso (BRILHO, 1966).

3.6.1.3 Condensadores

Geralmente, os condensadores são do tipo serpentina, pois constam de um único tubo longo, enrolado em espiral, ligado ao pescoço (fig. 3) e com saída inferior livre para o escoamento da mistura água e óleo essencial. O conjunto é montado em um recipiente onde circula uma corrente de água fria. O material utilizado é, via de regra, o cobre, porém em algumas destiladoras utilizam-se condensadores multi-tubulares de aço inoxidável (SANTOS; LABATE; SILVA, 1961).

O condensador é formado por 2 corpos principais: um, exterior que vem a ser uma simples caixa de água devendo ser construída de chapa de ferro galvanizado ou similar, tendo na parte inferior a entrada de água fria e, na parte superior a saída de água aquecida. No interior desta caixa está o segundo corpo do condensador, formado por uma série de tubos de alumínio colocados na posição vertical no interior dos quais os vapores de água mais óleo essencial recebem a ação de resfriamento e a conseqüente condensação, retornando ambos ao estado líquido na qual, do condensador, a mistura água mais óleo essencial flui para o vaso separador (BRILHO, 1966).

3.6.1.4 Vasos de separação

Por uma saída na parte inferior do condensador, a mistura água mais óleo essencial é derramada num vaso separador, no qual ocorre a separação destes, uma vez que o design do recipiente separador permite que a água corra e deixe o óleo essencial algumas vezes na superfície e, em outras vezes, no fundo dependendo de sua densidade (BRAGA, 1971) após o qual está pronto para uso (CRAVEIRO et al., 1981).

O vaso separador ou decantador ideal deve ser montado com chapas de aço inoxidável (BRILHO, 1966). Vasos separadores eficientes de capacidade entre 100 a 200 litros, com dispositivos para auxiliarem o processo da separação do óleo essencial são observados em algumas destilarias. Nesses vasos, a entrada da mistura processa-se lateralmente e o cano de entrada já se acha equipado com um pré-separador, que permite a uma parte do óleo essencial fluir para o interior do corpo principal do vaso. O cano de descarga da água adapta-se na parte inferior e eleva-se exteriormente, determinando o nível

interno do líquido no interior do aparelho. Uma chapa separa o vaso em 2 compartimentos, com intercomunicação através da parte inferior, o óleo essencial acumulando-se em um deles e a água escoando-se do outro. Como medida auxiliar e eficiente, introduz-se água fria na base do separador, o que mantém na superfície a mistura aquecida e impede o eventual arrastamento das partículas do óleo essencial pela água de descarga (SANTOS; LABATE; SILVA, 1961).

3.6.1.5 Vaso coletor

Para a captação do óleo essencial, o vaso coletor pode ser de qualquer natureza ou porte desde que não atacáveis. Pode-se usar, por exemplo, garrações de vidro ou baldes e tambores de aço inoxidável (BRILHO, 1966).

3.6.1.6 Outros acessórios

São também indispensáveis, numa destilaria, os termômetros de até 100 °C, manômetros para vapor, relógio para controle de tempo de destilação, funis separadores e funis comuns de aço inoxidável, rolo de papel de filtro para filtragem do óleo essencial, tambores de armazenamento, vidros de 100 cc para freqüentes coletas de amostras para análises de controle de qualidade, etc (BRILHO, 1966).

3.6.2 Processo de Destilação com Arraste a Vapor d'água

3.6.2.1 Carga e descarga

As destilarias, freqüentemente, encontram-se em terrenos inclinados, podendo a carga de folhas chegar da plantação e ser descarregada junto à boca das dornas sobre uma plataforma construída nesse nível. Muitas vezes, as folhas são postas com a mão e comprimidas no interior da dorna. A plataforma facilita a operação ou, então, o carregamento terá de ser feito desde o solo até a altura da boca do aparelho (SANTOS; LABATE; SILVA, 1961).

A densidade da carga no alambique é cerca de 150 kg de material para cada metro cúbico de capacidade da dorna, variando de acordo com o estado das folhas, o grau de murchamento, a presença de maior proporção de galhos, etc. Para o produtor que pica o

material antes de colocá-lo na dorna, a densidade é 30% maior (SANTOS; LABATE; SILVA, 1961).

3.6.2.2 Pressão do vapor

A pressão de vapor é muito variável, dependendo do critério adotado pelos produtores e da potência das caldeiras. Em geral, operam com pressão manométrica de 414 kPa a 620 kPa, contudo a pressão dentro da dorna é quase nula, em virtude do brusco aumento de volume e da saída livre pelo condensador (SANTOS; LABATE; SILVA, 1961). Na Austrália, uma destiladora de óleo essencial de eucalipto opera com 275 kPa de pressão manométrica. Na Guatemala, realiza-se a destilação com a pressão de vapor variando de 207 a 275 kPa manométrica. A pressão no digestor não pode exceder 35 kPa manométrica (PENFOLD, 1965).

3.6.2.3 Tempo de destilação

O tempo de destilação é variável, entre 40 minutos e 2 horas, conforme o produtor. A maioria dos produtores considera o tempo de 50 minutos suficiente para uma destilação completa. Nos períodos chuvosos, esse tempo é aumentado para 1 hora ou 70 minutos em vista do maior teor de umidade nas folhas (SANTOS; LABATE; SILVA, 1961). As folhas de *Eucalyptus citriodora* são destiladas por 40 a 50 minutos, sendo que os procedimentos de destilação das folhas para esta espécie não diferem dos utilizados para *E. smithii* e *E. staigeriana* (KOKETSU; GONÇALVES, 1991). Existe uma íntima relação entre a qualidade e a quantidade de óleo essencial obtido com a operação da destilação (BRILHO, 1966).

3.6.2.4 Tempo de recebimento do destilado

No início da destilação, os condensadores apresentam-se frios e o condensado sai sob baixa temperatura. Nessas condições, a separação nos vasos decantadores é lenta e apreciável perda de óleo essencial pode ocorrer, comuns nos recipientes de pequena capacidade. No período inicial do processo da destilação, o fluxo de óleo essencial é maior. Com o progresso da extração, entretanto, o condensador aquece-se e as condições para a separação melhoram. Quando o produtor possui apenas uma dorna, registra-se uma interrupção entre uma

destilação e a subsequente, período durante o qual o condensador torna a esfriar. Quando a extração é praticamente contínua, por exemplo, utilizando-se duas dornas a serem operadas alternadamente, a temperatura do condensado é mantida permanentemente em nível favorável, sendo que a faixa compreendida entre os limites de 40 e 55 °C parece ser a mais indicada para uma separação adequada. O ideal é ter ao menos dois aparelhos funcionando alternadamente, resultando numa destilação quase contínua (SANTOS; LABATE; SILVA, 1961).

3.6.2.5 Combustível utilizado

O produtores com plantação própria ou os que se dedicam ao cultivo de outras plantas preferem queimar a lenha e aproveitar as folhas residuais como fonte de material orgânico para o rejuvenescimento do solo. A maioria assim procede adicionando as folhas sobre o solo, como cobertura morta, com resultados positivos. Os demais usam esse material como combustível nas caldeiras, sendo que estes produtores afirmam que menos da metade das folhas já destiladas é suficiente para a produção do vapor de que necessitam (SANTOS; LABATE; SILVA, 1961). As folhas extraídas (bagaço), podem ser ainda, utilizadas nas indústrias de cerâmicas ou, no campo como adubo de excelente qualidade (VALE; CUNHA, 1971).

3.6.3 Efeitos na Destilação a Vapor

3.6.3.1 Difusão

À temperatura de ebulição da água, uma parte do óleo essencial dissolve-se na água presente dentro das células vegetais. Esta solução, óleo essencial mais água, atravessa por osmose as membranas e por fim alcança a superfície exterior onde o óleo essencial é vaporizado pela ação do calor (GUENTHER, 1960).

3.6.3.2 Hidrólise

A hidrólise é uma reação química entre a água e certos constituintes dos óleos essenciais. Esta é uma das principais desvantagens da destilação a úmido, pois a quantidade de água presente é sempre grande, sendo que o óleo essencial e a água estão em contato

durante longo tempo e a hidrólise é relativamente intensa. No entanto, as reações não são demasiadamente rápidas, variam com o tempo de contato entre o óleo essencial e a água, sendo particularmente interessante extrair em curto período de tempo (GUENTHER, 1960).

3.6.3.3 Decomposição

A decomposição é ocasionada pela alta temperatura. Todos os constituintes de óleos essenciais são, praticamente, algo instáveis a altas temperaturas. Para se obter óleo essencial de melhor qualidade é necessário que, na destilação, sejam mantidas baixas temperaturas e no caso em que altas temperaturas sejam exigidas, permaneçam sob elas durante o menor tempo possível. No processo úmido, a temperatura é determinada pela pressão. Se a pressão é atmosférica a temperatura, com pequenas variações, é de 100 °C (GUENTHER, 1960).

3.7 RETIFICAÇÃO E FRACIONAMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTOS

3.7.1 Retificação ou Depuração

Os óleos essenciais resultam quase sempre impurificados por produtos estranhos, como água, substâncias mucilaginosas, cerosas, graxas, coradas, resinosas, etc. necessitando, na maioria dos casos, de uma retificação. As substâncias insolúveis como, por exemplo, a pectina e a mucilagem podem ser eliminadas por decantação mediante repouso e filtração, quando em pequenas quantidades. Recomenda-se a destilação ou retificação para eliminar as substâncias solúveis que alteram o perfume da essência. A retificação consiste na destilação da essência, com vapor d'água, operando-se no vácuo à mais baixa pressão e temperatura possível para se evitar qualquer decomposição. A retificação objetiva a separação de compostos voláteis e não voláteis para a obtenção de um óleo essencial mais claro e o livramento de odores desagradáveis da essência. O produto mais escuro torna-se um resíduo da destilação, podendo ser feito pela destilação seca a vácuo ou por hidrodestilação com vapor ou fervura com água (GUENTHER, 1960).

Com a retificação melhora-se a qualidade do óleo essencial, sendo usualmente feita por uma destilaria e conduzida sob vácuo parcial que permite que os componentes do óleo essencial sejam volatilizados a menores temperaturas, reduzindo o possível efeito da degradação pelo calor. Para os óleos essenciais ricos em 1,8-cineol, a retificação é empregada

para aumentar a aceitação de mercado. A retificação torna-se obrigatória quando deve-se obedecer, por exemplo, normas da BP 1988 ou da ISO 4732:1983 (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991).

A retificação tem se tornado prática universal aplicada para ajustar as características do óleo essencial ao encontro de requerimentos do mercado. O odor de óleos essenciais ricos em 1,8-cineol é modificado pela presença de pequenas quantidades de outros compostos como, por exemplo, o isovaleraldeído que apresenta sensação de irritação e horrível cheiro sufocante. A retificação é realizada pela redestilação na qual, por exemplo, compostos como o isovaleraldeído, com baixo ponto de ebulição, são removidos. Assim, através da retificação, espécies como o *Eucalyptus smithii* e o *E. globulus* que seriam impróprias segundo as especificações podem ser utilizadas com sucesso (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991). Os aldeídos presentes no óleo essencial de eucalipto são representados particularmente pelo isovaleral conferindo ao óleo essencial um cheiro ardente, desagradável que provoca a tosse, porém retifica-se o óleo essencial bruto não só para eliminar os aldeídos, mas principalmente para elevar o conteúdo de 1,8-cineol a valores superiores ao limite mínimo de 70% estabelecido para os óleos essenciais medicinais (COSTA, 1986). No comércio se exige, usualmente, que o óleo essencial seja incolor e que apresente um mínimo de 1,8-cineol, o que justifica a prática habitual da retificação do óleo essencial (COSTA, 1986).

3.7.2 Destilação Fracionada

A destilação fracionada tem por objetivo a separação do óleo essencial em várias frações, de acordo com seus pontos de ebulição e odor. Na maioria dos casos é realizada com destilação em vácuo. Um óleo essencial jamais poderia ser fracionado à pressão atmosférica por causa da alta temperatura envolvida podendo causar decomposição e resinificação, além do destilado possuir um odor e propriedades físico-químicas diferentes daquelas do óleo essencial original. As temperaturas de ebulição podem ser consideravelmente abaixadas pela destilação do óleo essencial à redução de pressão, processo referido também como uma destilação seca em vácuo (GUENTHER, 1960).

A destilação fracionada proporciona a vantagem da eliminação das frações de pontos de ebulição extremos. As frações que fervem a temperaturas mais baixas contém os terpenos menos solúveis e os aldeídos de propriedades irritantes. As frações separadas às temperaturas mais elevadas encerram sesquiterpenóides pouco estáveis.

Na Espanha obtém-se um óleo essencial bruto de *Eucalyptus globulus*, um líquido amarelado solúvel em 7 - 8 volumes de álcool 70% e com 65-67% de 1,8-cineol. Com a destilação fracionada este óleo essencial torna-se um líquido incolor, mais solúvel em álcool 70% e mais rico em 1,8-cineol, com características ajustadas às exigências da Farmacopéia Norte Americana (COSTA, 1986).

GUENTHER (1960) cita, os pontos de ebulição para o 1,8-cineol, sendo de 176,4 °C a pressão atmosférica (760 mm) e de 178, 47 °C a 800 mm. Abaixando-se a pressão reduz-se o ponto de ebulição do 1,8-cineol: 173, 04 °C (700 mm); 167,10 °C (600 mm); 160,10 °C (500 mm); 151,70 °C (400 mm); 141,50 °C (300 mm); 128,35 °C (200 mm); 107,90 °C (100 mm); 105,10 °C (90 mm); 101,80 °C (80 mm); 98,40 °C (70 mm); 94,60 °C (60 mm); 90,10 °C (50 mm); 84,50 °C (40 mm); 77,40 °C (30 mm); 68,95 °C (20 mm); 62,75 °C (15 mm); 55,15 °C (10 mm); 51,00 °C (8 mm); 45,95 °C (6 mm); 42,70 °C (5 mm); 38,90 °C (4 mm).

3.8 EMBALAGENS E ARMAZENAMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL

É importante armazenar os óleos essenciais de eucaliptos corretamente para prevenir a evaporação e contaminação do mesmo. A maioria dos óleos essenciais são embalados no local de destilação em tambores de aço de 200 litros. Tambores da linha epoxi também podem ser utilizados. Tampas e containers de plástico são inadequados por causa da absorção do plástico pelo óleo essencial podendo contaminar a remessa. Os containers devem ser opacos, limpos e guardados à temperatura ambiente quando em grandes quantidades, podendo ter espaços de 2,5 cm de ar para evitar uma possível expansão do óleo essencial ao aquecer-se quando armazenado ou transportado (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991). Para o óleo essencial de *Eucalyptus smithii*, os containers devem ser adequados e armazenados em área bem ventilada, seca e escura, longe de fontes de calor e ignição. Deve-se trabalhar com roupas adequadas, usar luvas e óculos de proteção (PHOENIX NATURAL PRODUCTS LTD, 2001).

Embalagens de 20 ou de 100 litros são também comuns. Os óleos essenciais mais caros são despachados em garrafas de alumínio de 1,5 ou 20 litros de capacidade. O produtor é responsável pelo correto lacramento dos tambores e com adequado espaço de ar para evitar a expansão do óleo essencial pelo calor, pela correta rotulagem e pesagem e, pela qualidade do óleo essencial dentro dos limites estabelecidos por normas (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991).

A reutilização dos tambores é aceitável desde que tenham sido completamente limpos de todos os traços do óleo essencial anterior e que o revestimento de epoxi esteja intacto. Os tambores com possibilidades de contaminação do óleo essencial devem ser descartados. Obviamente, os tambores contendo substâncias tóxicas ou aqueles com procedentes odores residuais estranhos não devem ser utilizados (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991).

BICK (1986) referindo-se à indústria alimentícia cita vários aspectos que podem interferir na qualidade dos óleos essenciais. Como regra geral, tomando-se as devidas precauções, os óleos essenciais têm uma vida útil de prateleira estimada em 12 meses para os cítricos e acima de 12 meses para os outros não sendo, entretanto, recomendável sua estocagem por um período além de 24 meses, em qualquer hipótese, para garantir que o produto final chegue ao consumidor com as características pré-estabelecidas. Devido à grande quantidade de terpenos não oxigenados, de modo geral, todos os óleos essenciais são sensíveis à luz e devem ser acondicionados em vidros de cor âmbar ou protegidos em locais escuros, não expostos diretamente à luz do sol. A estocagem a altas temperaturas pode prejudicar sua qualidade, sendo recomendável estocá-los de 18 a 20 °C. Recipientes parcialmente cheios, armazenados durante muito tempo nas áreas fabris, com temperatura mais elevada, podem provocar alterações no óleo essencial com a formação de odores/sabores anormais, sendo recomendável que os recipientes estejam muito bem tampados para evitar perdas de componentes voláteis e alterações devido à oxidação. Quando o tambor estiver pela metade ou mais vazio e o produto não for utilizado dentro de dias, o óleo essencial deve ser transferido para recipientes menores ou preservado em atmosfera de gás inerte, como o nitrogênio. Muitos óleos essenciais, especialmente aqueles que têm dupla ligação são suscetíveis à oxidação sendo utilizado geralmente, para diminuir o problema, butil-hidroxianisol: BHA (BICK, 1986). Deve-se conservar o óleo essencial ao abrigo do ar e da luz para que não escureça e se torne mais espesso (COSTA, 1986).

3.9 MERCADO DE ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO

O valor na economia mundial das indústrias de extração de óleos essenciais e de outras relacionadas é considerável movimentando enormes capitais. A indústria dos óleos essenciais das Pináceas, devido a importância das múltiplas utilidades da aguarrás e dos seus constituintes procurados por diversas sínteses químicas, ocupa o primeiro lugar a nível superior a todas as outras indústrias de óleos essenciais (COSTA, 1986). No comércio

mundial existem entre 80 a 90 óleos essenciais sem contar as variedades ou as diversas procedências (KIEFER, 1986).

Segundo PENFOLD (1965), aperecerca de 20 espécies de eucaliptos são destiladas comercialmente. Os óleos essenciais de eucaliptos podem ser classificados, comercialmente, em 3 grupos mais ou menos definidos segundo sua utilização (quadro 11).

O óleo essencial de eucalipto foi um dos primeiros produtos de exportação da Austrália logo no início de sua colonização (VALE; CUNHA, 1971), sendo este país o maior produtor mundial de óleos essenciais de eucaliptos de 1900 a 1950 (SMALL, 1981). Em 1950, a Austrália produziu cerca de 800 toneladas de óleo essencial de eucalipto nas quais se exploravam as espécies mais ricas em óleos essenciais e de maiores teores de 1,8-cineol, todavia o aumento de salários e a aparelhagem inconveniente da indústria determinou crises graves traduzidas por fim, pelo desinteresse na sua laboração e, em 1966 registrou-se o caso singular de a Austrália adquirir óleos essenciais de eucaliptos provenientes de diversas espécies cultivas em vários países, nesta época já exportadores (COSTA, 1986).

QUADRO 11 - CLASSIFICAÇÃO COMERCIAL DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Eucalyptus*

Oleos Essenciais Medicinais	Principal Constituinte
<i>Eucalyptus globulus</i>	Cineol: 70 a 80%
<i>Eucalyptus polybractea</i>	Cineol: 80 a 88%
<i>Eucalyptus smithii</i>	Cineol: 75 a 80%
<i>Eucalyptus viridis</i>	Cineol: 70 a 80%
<i>Eucalyptus dives</i> , var. "C"	Cineol: 70 a 75%
<i>Eucalyptus australiana</i>	Cineol: 70 a 75%
<i>Eucalyptus elaeophora</i>	Cineol: 70 a 75%
<i>Eucalyptus sideroxylon</i>	Cineol: 70 a 75%
<i>Eucalyptus leucosylon</i>	Cineol: 70 a 75%
<i>Eucalyptus cneorifolia</i>	Cineol: 70%
<i>Eucalyptus dumosa</i>	Cineol: 70%
Oleos Essenciais Industriais	
<i>Eucalyptus dives</i> Type	Piperitona e Felandreno
<i>Eucalyptus australiana</i> , var. "B" (<i>E. phellandra</i>)	Felandreno e Cineol
<i>Eucalyptus dives</i> , var. "A"	Felandreno
<i>Eucalyptus numerosa</i>	Felandreno e Piperitol
<i>Eucalyptus numerosa</i> , var. "A"	Piperitona e Felandreno
Oleos Essenciais Perfumísticos	
<i>Eucalyptus citriodora</i>	Citronelal
<i>Eucalyptus macarthuri</i>	Acetato de Geranila, Geraniol e Eudesmol

FONTE: PENFOLD (1965).

Presentemente, a Austrália está em situação desfavorável no comércio exportador de óleo essencial de eucalipto, em consequência das flutuações econômicas mundiais mais acentuadas a partir de 1951 e agravadas com os transportes para muitos países consumidores distantes. Por outro lado, diversas nações onde a mão-de-obra é barata, situadas mais próximas dos principais centros compradores, incrementaram a indústria extrativa dos óleos essenciais de eucalipto. No início, o *Eucalyptus globulus* se difundiu para regiões mais quentes e temperadas dos vários continentes. Posteriormente, verificaram-se outras espécies capazes de fornecer, em maiores teores, óleos essenciais com aquelas características e mais ricos em 1,8-cineol, como o *E. smithii* e o *E. polybractea* (VALE; CUNHA, 1971).

Portugal começou a organizar a indústria do óleo essencial de eucalipto na década de 1950 retificando-se a essência antes de exportá-la de modo a obedecer as exigências dos países importadores, melhorando a qualidade e baixando o preço do óleo essencial, elevando-se ao primeiro lugar no Mercado Internacional de exportação em meados da década de 1960 (COSTA, 1986). Portugal foi o maior fornecedor de óleo essencial de eucalipto até o final de década de 1970, tendo a China assumido o posto no meio da década de 1980 ficando Portugal em segundo lugar (ITC, 1986).

O óleo essencial de *Eucalyptus globulus* da Espanha e de Portugal é considerado o de melhor qualidade, porém o óleo essencial de eucalipto chinês domina o mercado cuja qualidade tem melhorado progressivamente ao longo dos anos, apresentando preços competitivos e sendo menos suscetível ao aumento de custos do que o óleo essencial de eucalipto explorado na Península Ibérica e Austrália, vindo a competir no mercado com estes países (ITC, 1986).

Na China Continental são extensos os reflorestamentos de eucaliptos de óleos essenciais ricos em 1,8-cineol, que estão provocando baixas de preços no Mercado Internacional em virtude da oferta dos produtos da sua indústria (VALE; CUNHA, 1971). Além dos óleos essenciais, na China, cerca de 300 espécies de eucaliptos têm sido testadas para a implantação e contribuição satisfatória à demanda de papel (HUORAN; ZEPING; HONG, 1994).

Com relação ao *Eucalyptus smithii*, a Espanha importa grande quantidade do óleo essencial desta espécie da África do Sul para enriquecer o produto local (SMALL, 1986) e Angola possui plantações de *E. smithii* capazes de fornecer óleo essencial de uso farmacêutico. No Brasil, este óleo essencial é também extraído (COSTA, 1986) e na África

do Sul, o óleo essencial de *E. smithii* tem sido empregado já em grandes quantidades (ITC, 1986).

Segundo GALANTI (1987), para a produção de óleo essencial de eucaliptos no Brasil, apenas o *Eucalyptus citriodora* e o *E. globulus* apresentam importância econômica, sendo que o *E. globulus* é menos cultivado que o *E. citriodora*.

3.9.1 Preços x Qualidade

As principais farmacopéias requerem óleos essenciais de eucaliptos para propósitos medicinais com um mínimo de 70% de 1,8-cineol (PENFOLD, 1965).

Segundo BOLAND, BROPHY e HOUSE (1991), há duas classificações básicas comerciais referentes à quantidade de 1,8-cineol no óleo essencial de eucalipto, de 70/75 (com 70 a 75% de 1,8-cineol) e de 80/85 (com 80 a 85% de 1,8-cineol). Os óleos essenciais de eucaliptos são geralmente mais baratos em comparação a outros óleos voláteis. Os preços correntes em 1989 para os óleos essenciais de eucaliptos foram de US\$ 8,50/kg para o óleo essencial chinês, com cerca de 80% de 1,8-cineol; e US\$ 9,50/kg para o óleo essencial 70/75 e US\$ 10,50/kg para o óleo essencial 80/85, ambos portugueses.

O óleo essencial retificado é mais caro que o óleo essencial básico, nas quais seus preços de venda encontram-se em torno de US\$ 12,00/kg. As aplicações do óleo essencial retificado são similares àquelas atribuídas para o óleo essencial básico, porém em produtos de melhor qualidade. Tanto o óleo essencial básico como o 1,8-cineol natural podem apresentar preços competitivos face à pequena concorrência de substitutos sintéticos (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 OBTENÇÃO DO MATERIAL BOTÂNICO

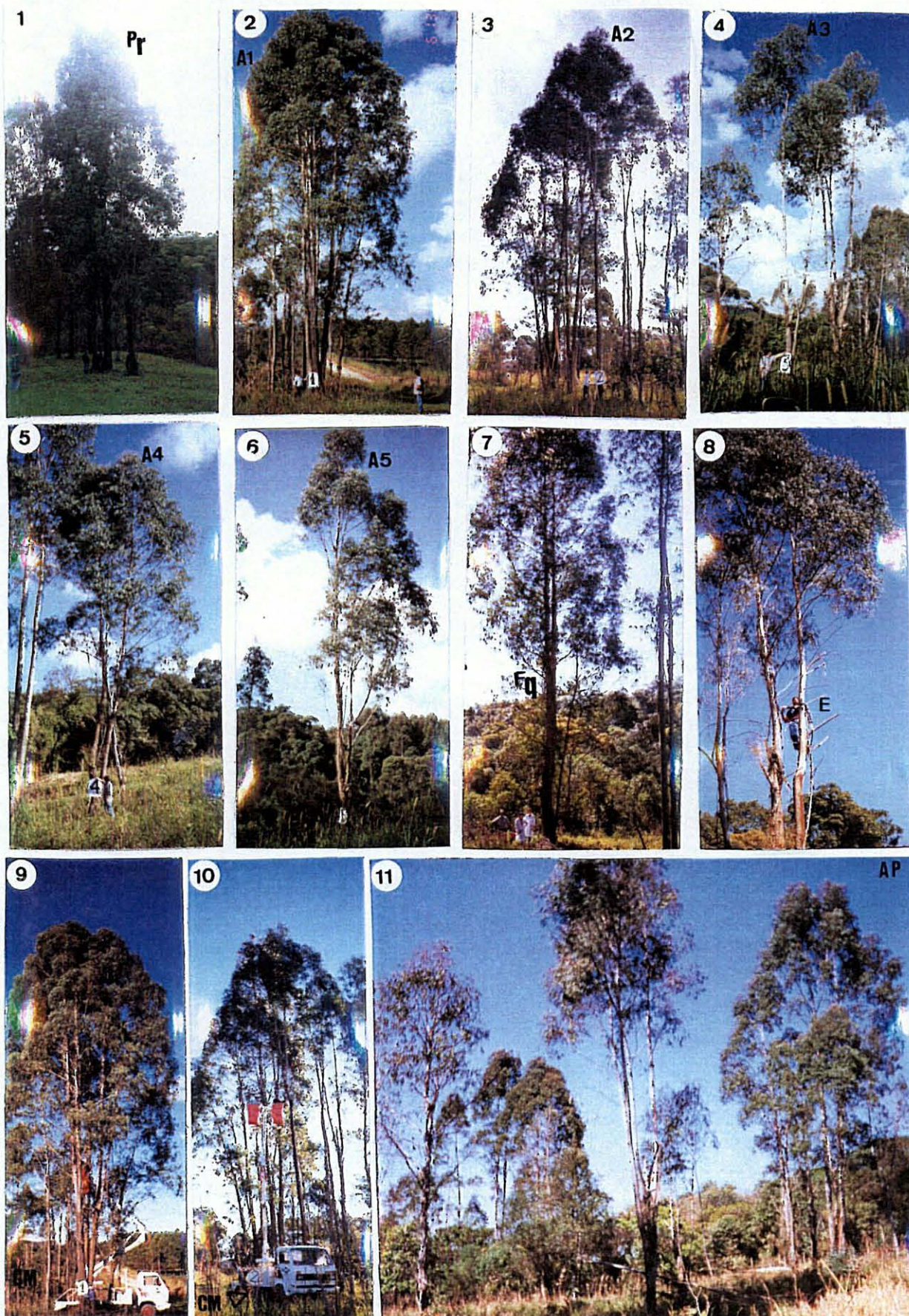
Com o material botânico coletado prepararam-se as exsiccatas que foram registradas no Herbário do Laboratório de Dendrologia, do Departamento de Silvicultura e Manejo da Universidade Federal do Paraná, sob o número 9608.

Para a realização deste trabalho foram utilizadas 15 árvores de *Eucalyptus smithii*, plantadas em agosto de 1988, sob as mesmas condições de solo, localizadas em campo experimental da *Embrapa Florestas*, no Município de Colombo - PR. Destas 1 árvore foi usada para a realização dos estudos preliminares de óleo essencial, 1 árvore para as análises fitoquímicas, 5 árvores para os estudos sazonais de material adulto (fig. 4), e 8 árvores cortadas para o estudo sazonal de material juvenil: rebrotas (fig. 5). Características, como altura e DAP das árvores utilizadas, e a percentagem de folhas e ramos terminais do material extraído para a obtenção de óleo essencial estão citadas no quadro 12.

O Município de Colombo encontra-se na Região Bioclimática 1 do Paraná. Esta região está localizada no Centro-Sul do Paraná, com altitudes entre 650 a 1100 m, cujo tipo de vegetação caracteriza-se como Floresta Ombrófila (mista de araucária e latifoliadas) e campos submontanos. O clima, pelo Sistema de Holdrige, é submontano (tipo temperado quente) úmido e muito úmido; temperatura com média anual entre 15 a 19 °C e mínima absoluta entre -5 e -10 °C, com 1 a 40 geadas/ano; precipitação anual média de 1250 a 2500 mm com distribuição uniforme ou intermediária e déficit hídrico nulo (EMBRAPA, 1986).

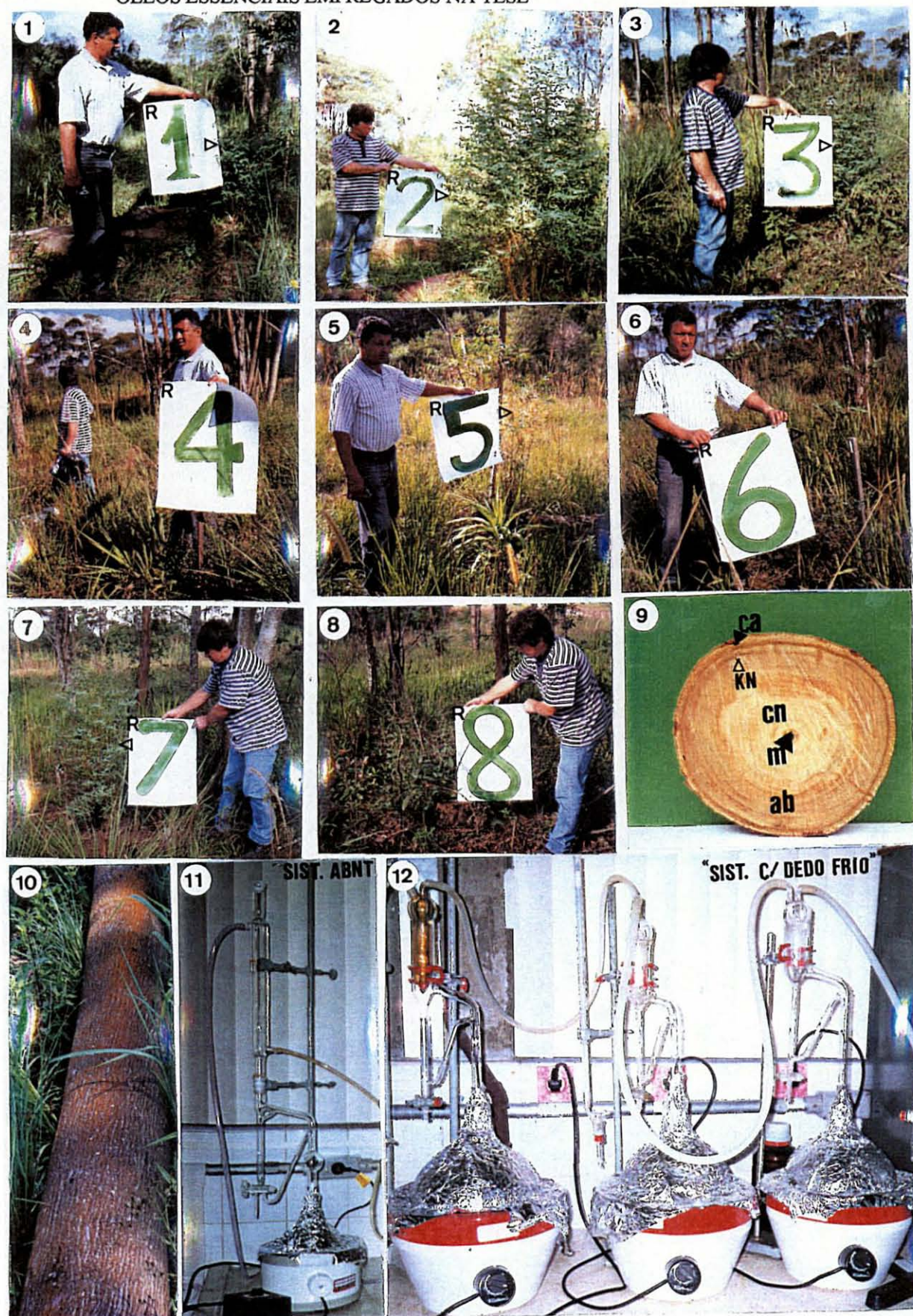
Segundo o Sistema Meteorológico do Paraná - SIMEPAR, o Município de Colombo localiza-se a 915,14 metros de altitude, 25°20'S de latitude e 49°14"W de longitude. Da estação 83080, deste Instituto, foram obtidos os registros climatológicos (quadro 13), referentes aos dias de coleta do material botânico.

Para a realização sazonal das extrações de óleo essencial, o material botânico fresco, foi fragmentado com tesoura manual e pesado em balança da marca Marte e modelo AS2000, no Laboratório de Polpa e Papel, do Centro de Ciências Florestais e da Madeira da UFPR, nas seguintes quantidades: 100 g, 200 g, 300 g e 400 g. Após a pesagem, este material foi lacrado em sacos plásticos e armazenado em freezer até a destilação.

FIGURA 4 - ÁRVORES ADULTAS DE *Eucalyptus smithii* UTILIZADAS NA TESE

Árvores utilizadas para estudos preliminares (Pr), sazonais (A1; A2; A3; A4 e A5) e fitoquímicos (Fq); coleta de material por escalada (E) e com auxílio de caminhão Muck (CM). Área pesquisada (AP).

FIGURA 5 - MATERIAL JUVENIL DE *Eucalyptus smithii*, MADEIRA, CASCA E DESTILADORES DE ÓLEOS ESSENCIAIS EMPREGADOS NA TESE



Material juvenil (rebrotas) utilizado para os estudos sazonais (R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7 e R8); disco de madeira com casca (ca), bolsa de kino (kn), cerne (cn), alburno (ab) e medula (m). Sistemas de extração: ABNT e Clevenger Básico com condensador Dedo Frio. Sistemas de extração: ABNT e Clevenger básico com condensador Dedo Frio.

Para a destilação sazonal do óleo essencial preparou-se o material adulto conforme a FARMACOPÉIA Brasileira (1988) obtendo-se material composto por folhas (F), com no máximo 3% de impurezas. Também foram preparadas, para a extração do óleo essencial, as folhas adultas + ramos terminais (A) conforme quadro 12 com até 0,5 cm de diâmetro, como é feito nas indústrias, para verificar a influência dos ramos no rendimento em óleo essencial. Para a pesquisa do material juvenil (R) ou rebrotas das árvores cortadas, foi utilizado material com folhas + ramos terminais (quadro 12). Toda a matéria-prima usada nas destilações preliminares e sazonais foi coletada em dias ensolarados, sem chuvas (quadro 13).

QUADRO 12 - CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL BOTÂNICO UTILIZADO NA TESE

Árvores Analisadas	DAP (cm)	Altura (m)	Percentagens de Folhas e Ramos Terminais Utilizados nas Extrações a Partir de 100 g de Material com Base Peso Úmido (Recém Coletado)							
			Primavera		Verão		Outono		Inverno	
			Folhas (%)	Ramos (%)	Folhas (%)	Ramos (%)	Folhas (%)	Ramos (%)	Folhas (%)	Ramos (%)
A1	31,51	25,75	89,07	10,93	85,55	14,45	87,50	12,50	80,83	19,17
A2	27,06	21,50	88,27	11,73	85,70	14,30	85,50	14,50	81,43	18,57
A3	16,87	15,03	85,95	14,05	84,40	15,60	86,50	13,50	75,94	24,06
A4	22,60	18,00	87,87	12,13	82,40	17,60	83,60	16,40	79,60	20,40
A5	38,20	24,85	85,94	14,06	84,40	15,60	88,30	11,70	81,30	18,70
Média	27,25	21,03	87,42	12,58	84,49	15,51	86,28	13,72	79,82	20,18
¹ R1	32,15	22,00	68,04	31,96	68,20	31,80	75,20	24,80	67,50	32,50
¹ R2	35,97	25,70	68,63	31,37	71,40	28,60	71,80	28,20	74,30	25,70
¹ R3	34,06	20,40	65,05	34,95	68,20	31,80	60,30	39,70	72,50	27,50
¹ R4	25,46	17,20	59,75	40,25	65,90	34,10	59,00	41,00	—	—
¹ R5	30,88	18,40	64,31	35,69	—	—	68,00	32,00	—	—
¹ R6	24,19	17,80	62,32	37,68	66,50	33,50	53,70	46,30	—	—
¹ R7	23,24	17,70	62,07	37,93	69,00	31,00	68,50	31,50	74,20	25,80
¹ R8	32,47	23,70	64,37	35,63	—	—	60,50	39,50	67,90	32,10
Média	29,80	20,36	64,32	35,68	68,20	31,80	64,63	35,37	71,28	28,72

NOTAS: (1) Medição das árvores antes do corte.

QUADRO 13 –REGISTROS CLIMATOLÓGICOS DE SUPERFÍCIE DOS DIAS DE COLETA

Estações Pesquisadas	Material Coletado	Datas De Coleta	Temperatura Diária (°C)		Umidade Relativa (%)			Precipitação Mensal (mm)
			Máxima	Mínima	12horas	18horas	24horas	
Primavera ⁽¹⁾								
Preliminares	Adulto	25/09/2000	13,8	5,8	74	70	94	186,6
Primavera ⁽¹⁾								
Estudo Sazonal	Adulto	27/11/2000	29,0	14,2	83	70	98	95,9
Verão ⁽²⁾	Adulto e							
Estudo Sazonal	Juvenil	15/03/2001	30,4	17,6	84	70	96	110,5
Outono ⁽³⁾	Adulto	13/06/2001	22,4	11,0	95	80	97	
Estudo Sazonal	Juvenil	20/06/2001	13,0	4,0	84	75	90	102,1
Inverno ⁽⁴⁾	Adulto e							
Estudo Sazonal	Juvenil	07/08/2001	24,4	9,0	84	66	100	70,8

FONTE: SIMEPAR.

NOTAS: (1) Primavera: período compreendido entre 22 de setembro a 21 de dezembro;

(2) Verão: período compreendido entre 21 de dezembro a 20 de março;

(3) Outono: período compreendido entre 20 de março a 21 de junho;

(4) Inverno: período compreendido entre 21 de junho a 22 de setembro.

Foi registrado, sazonalmente, o teor de umidade de cada material botânico logo após a coleta das árvores, com a finalidade de verificar a sua constância evitando assim a interferência sobre o rendimento em óleo essencial. No caso dos estudos preliminares, obteve-se a umidade em termos de massa absoluta de material úmido para demonstrar que o armazenamento do material ao ar interfere expressivamente nos rendimentos de óleo essencial.

Para a determinação da umidade do material recém coletado (quadro 14), as amostras foram pesadas verdes (recém coletadas) e após secas em estufa a uma temperatura de 103 ± 2 °C por, pelo menos 24 horas, até peso constante. Cada amostra foi representada pela média de 3 determinações de umidade, conforme a seguinte fórmula: $TU = [(Pu - Ps)/Pu] \times 100$, onde:

TU = Teor de Umidade (%);

Pu = Peso Úmido da amostra (g);

Ps = Peso Seco da amostra (g).

QUADRO 14 - UMIDADE DO MATERIAL RECÉM COLETADO ANTES DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

Amostras	UMIDADE DO MATERIAL COLETADO(%)			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
A1	58,25	51,05	52,60	46,87
A2	56,60	55,63	55,77	50,44
A3	55,04	52,28	53,42	41,52
A4	46,99	52,61	54,04	45,48
A5	46,73	55,91	54,00	47,90
Média	52,72	53,50	53,97	46,44
F1	57,43	57,14	56,05	42,81
F2	62,76	55,42	55,53	48,64
F3	50,80	59,64	54,31	44,71
F4	47,69	56,73	54,76	45,66
F5	50,03	55,50	53,76	49,30
Média	53,74	56,89	54,88	46,22
R1	⁽¹⁾ 48,04	74,41	71,59	61,96
R2	⁽¹⁾ 55,83	71,99	67,71	60,42
R3	⁽¹⁾ 61,74	68,44	70,79	66,58
R4	⁽¹⁾ 50,35	72,43	77,76	63,08
R5	⁽¹⁾ 53,22	—	69,31	—
R6	⁽¹⁾ 46,53	64,95	60,69	—
R7	⁽¹⁾ 60,10	66,65	69,04	65,73
R8	⁽¹⁾ 54,63	—	73,81	63,08
Média	53,81	69,81	70,09	63,48
(2) G1-G5	50,83	44,89	46,32	45,26
(3) G-rebrota	—	61,75	68,23	61,05
(4) F-rebrota	—	62,05	68,92	63,25
(5) Casca A2	—	—	—	23,35

NOTAS: (1) Umidade do material mofado em saco plástico por mais de 30 dias;

(2) G1-G5: ramos terminais adultos das árvores A1-A5;

(3) G-rebrota: ramos terminais juvenis das rebrotas R1-R8;

(4) F-rebrota: folhas juvenis das rebrotas;

(5) Casca A2: casca da árvore A2, seca ao ar.

4.2 CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DE *Eucalyptus smithii*

Foram realizadas as caracterizações anatômicas das partes vegetais nas quais encontrou-se óleo essencial: madeira, casca, ramos terminais, folhas adultas e folhas juvenis. As fotomicrografias do material anatômico foram obtidas no Laboratório de Botânica Estrutural do Departamento de Botânica da UFPR através do Microscópio Fotônico Zeiss MC 80 com filmes de 135 mm da Kodak ASA 100 em máquina fotográfica Cannon acoplada ao microscópio. As fotos foram recortadas para a melhor disposição das mesmas nos painéis e as escalas foram ajustadas a partir de conversões de escalas conhecidas a partir dos negativos.

A coloração da madeira e da casca foi determinada de acordo com a tabela de Munsell (WILDE, 1968).

4.2.1 Anatomia da Madeira e da Casca

As seções transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial da madeira e da casca foram obtidas e coradas no Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras do IPT. O material para maceração da madeira e da casca foi processado e corado no Laboratório de Anatomia da Madeira, do Centro de Ciências Florestais e da Madeira, da UFPR juntamente com alguns cortes da madeira sem coloração seccionados e enviados pelo IPT.

No IPT, os bloquinhos de madeira e da casca foram devidamente orientados nos planos de corte transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial, com as dimensões aproximadas de 2x2x2 cm e cozidos para amolecimento em glicerina 25%, sendo após deixado de molho em água destilada para uma hidratação superficial e seccionado em micrótomo de deslize Reichert com navalha modelo C, obtendo-se cortes com espessura de 15 a 17 μm . Em seguida, os cortes foram alvejados com hipoclorito de sódio a 30% e lavados em água destilada. Após a lavagem, os cortes foram passados por série etanólica (10%, 30% e 50%).

O material referente ao lenho foi corado em safranina alcoólica 50% e passado em série etanólica de 50%, 80% e 100% (duas vezes), etanol e acetato de butila (1:1) e acetato de butila. Os cortes anatômicos foram montados em lâminas histológicas permanentes com “Bálsamo do Canadá Sintético” segundo KRAUS e ARDUIN (1997).

Para as descrições, tanto macro como microscópicas do lenho, seguiu-se as recomendações de MUÑIZ e CORADIN (1991) baseados na COPANT 30:1-019 (1974) e na IAWA (1989).

Para a montagem das lâminas da madeira e da casca foi utilizada a técnica de KRAUS e ARDUIN (1997), nas quais as seções da casca foram tingidas por dupla coloração: safranina (solução aquosa 1%) + azul de astra (solução aquosa 1%) formando uma única solução: safrabau: 70% de azul de astra e 30% de safranina (BURGER; RICHTER, 1991). A solução de safranina a 1% cora células com paredes lignificadas (FARMACOPÉIA Brasileira, 1988), pois a safranina apresenta grande afinidade com a lignina e cora também paredes suberificadas (BURGER; RICHTER, 1991) e cutinizadas. A safranina utilizada separadamente cora paredes celulósicas e lignificadas (KRAUS; ARDUIN, 1997).

A solução azul de astra cora paredes primárias (celulósicas) e a lamela média (KRAUS; ARDUIN, 1997) sem a impregnação de lignina (FARMACOPÉIA Brasileira, 1988).

Alguns dos cortes da madeira foram passados pela mesma série etanólica, porém pulando-se as fases de alvejamento e coloração. O tingimento destes cortes foi efetuado no Laboratório de Anatomia da Madeira da UFPR, procedendo-se à Tripla Coloração: acridina e crisoidina vermelha + azul de astra (DUJARDIN, 1964) sendo empregado, primeiramente, o corante acridina-crisoidina-vermelha solução aquosa 0,5% (10 ml alúmen amoníaco; 1 ml ácido acético) e, em seguida, o corante azul de astra 1% em solução aquosa. As seções anatômicas foram desidratadas em série etanólica crescente (30%, 50%, 70%, 90%, 95% e etanol absoluto), diafanizadas em acetato de butila, montadas em lâminas permanentes com “Entellan”, contendo os três cortes anatômicos do lenho e identificadas por etiquetas.

A maceração dos tecidos (dissolução da laméla média e separação das células) do lenho e da casca foi efetuada pelo Método de Jeffrey segundo FREUND (1970): solução aquosa de ácido nítrico e ácido crômico a 10% na proporção de 1:1, corando-se depois com safranina 1% solução aquosa. A desidratação do macerado foi realizada em série etanólica crescente: 50%, 70%, 90%, 95% e etanol absoluto. Os cortes foram então diafanizados em acetato de butila, montados em “Entellan” e identificados por etiquetas.

4.2.2 Anatomia dos Ramos Terminais e das Folhas

Para as análises anatômicas das folhas e dos ramos terminais, de material adulto e juvenil (rebrotas), foram utilizadas folhas do quarto nó, de cima para baixo, e ramos terminais tenros das amostras A5i e R2i.

A preparação do material para a montagem de lâminas permanentes e semi-permanentes foi realizada em laboratórios do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná - UFPR.

Os ensaios e tiragem das fotos das folhas juvenis (folhas de rebrotas), folhas adultas e dos ramos terminais para a microscopia eletrônica de varredura foram efetuados no Centro de Microscopia Eletrônica da UFPR.

4.2.2.1 Montagem das lâminas semi-permanentes

As lâminas semi-permanentes foram preparadas no Laboratório de Botânica Estrutural da UFPR. Para a montagem destas lâminas utilizou-se a região mediana das folhas juvenis e adultas obtendo-se seções transversais à mão livre utilizando-se as técnicas de BERLYN e MIKSHE (1976).

As seções coradas com azul de toluidina 0,05% e fucsina básica 0,0125% + azul de astra 1%, em solução aquosa, foram antes clarificadas em hipoclorito de sódio a 20% (FOSTER, 1949) e depois montadas em glicerina a 40% (BERLYN; MIKSHE, 1976). As seções coradas com Sudam III e Cloreto Férrico não foram clarificadas para que as substâncias contidas no material não fossem removidas, sendo montadas no próprio reagente. Para a lutagem das lâminas semi-permanentes utilizou-se esmalte de unha incolor, procedendo-se imediatamente a tiragem de fotos.

As seções foram coradas pelos seguintes reagentes e corantes: sudam III (SASS, 1951), cloreto férrico (JOHANSEN, 1940), azul de toluidina 0,05% (SAKAI, 1973) e fucsina básica 0,0125% + azul de astra 1% (BRITO; ALQUINI, 1996):

- Sudam III: os óleos, ceras, essências, substâncias resinosas, látices coram-se de vermelho e, decorridos alguns minutos, também a cutina e a suberina (COSTA, 1982). Os conteúdos celulares de óleo fixo, óleos essenciais, resinas e outras substâncias de natureza lipófila podem também apresentarem-se na cor amarelo-alaranjado ou vermelho-alaranjado pelo Sudam III (OLIVEIRA; AKISUE;

AKISUE, 1991). Outro corante específico, o Sudam IV, também pode ser utilizado, pois reage com paredes suberificadas, paredes cutinizadas e lipídios, porém é cancerígeno (KRAUS; ARDUIN, 1997);

- Cloreto Férrico: reagente que produz uma coloração negro-azulada ou verde-escuro com compostos fenólicos. Erroneamente fala-se da coloração de taninos, pois estes constituem apenas uma das classes de compostos fenólicos. Este reagente atua sobre os taninos e diversos outros fenóis existentes nas células (KRAUS & ARDUIN, 1997);
- Azul de Toluidina 0,05% (SAKAI, 1973): tingem as paredes secundárias (lignificadas) ou com suberina de azul-esverdeado; as paredes celulósicas em tons róseo a roxo e; a lamela média em vermelho-róseo (KRAUS; ARDUIN, 1997);
- Fucsina Básica 0,0125% + Azul de Astra 1% em solução aquosa: a fucsina, também chamada de anilina rósea, magenta, vermelho de magenta ou vermelho de anilina reage com aldeídos e bromo, tornando-se rosa-violeta e roxo-azulado, respectivamente (MORITA; ASSUMPÇÃO, 1972). A fucsina básica cora paredes secundárias (lignificadas) e paredes suberificadas, paredes cutinizadas e cromossomos (KRAUS; ARDUIN, 1997). As paredes celulares contendo lignina respondem à fucsina básica tornando-se vermelhas e aquelas com paredes celulósicas respondem ao azul de astra tornando-se azuladas, fornecendo uma clara distinção entre os tecidos (BRITO; ALQUINI, 1996).

4.2.2.2 Montagem de lâminas permanentes

Para a montagem de lâminas permanentes preparou-se o material a partir de folhas juvenis, folhas adultas e ramos terminais, no Laboratório de Microtécnica Vegetal da UFPR.

Para a montagem destas lâminas utilizou-se as técnicas de inclusão em glicol-metacrilato segundo FEDER e O'BRIEN (1968) e BENNET et al. (1976). Os cortes vegetais foram obtidos a partir de seções transversais dos ramos terminais e das folhas, provenientes de material adulto e juvenil utilizando-se os micrótomos rotatórios Spencer "820" e Olympus CUT 4055 com navalha Modelo C obtendo-se seções de 7 a 10 µm de espessura, nas quais estas foram distendidas em lâminas com água e secas em mesa térmica, sendo após coradas

com azul de toluidina 0,05% e com fucsina básica 0,0125% + azul de astra 1% solução aquosa (BRITO; ALQUINI, 1996) e montadas em capela com Entellan.

Também foram obtidas seções paradérmicas, isto é, efetuadas em planos paralelos da lâmina foliar. Estas seções foram diafanizadas e separadas em solução de Franklin (FRANKLIN, 1946), lavadas em água destilada, desidratadas em série etanólica crescente e coradas com safranina em etanol 50% e safranina em etanol/xilol 1:1.

Segundo OLIVEIRA, AKISUE e AKISUE (1991), os cortes paradérmicos possibilitam a observação da cutícula, das células epidérmicas e de seus anexos, como os tricomas (pêlos tectores e glandulares, papilas, escamas e acúleos) e estômatos, enquanto que os cortes transversais permitem a observação de inclusões (drusas, ráfides, estilóides, cristais prismáticos, areia cristalina e cristólitos), tricomas (pêlos glandulares e tectores, papilas, escamas e acúleos) e demais tecidos.

4.2.2.3 Microscopia eletrônica de varredura

Para analisar a estrutura das folhas e dos ramos terminais, em microscópio eletrônico de varredura, foram utilizadas as amostras A5i e R2i cujo material foi fixado em etanol 70% (JOHANSEN, 1940) e desidratado em série etanólica crescente até etanol absoluto.

Este material vegetal foi seco via ponto crítico com CO₂ em equipamento CP 010 Balzers FL 9496, montado em suporte metálico, fixado com uma mistura de esmalte incolor e grafite e, metalizado em ouro a vácuo em equipamento SCD 030 Balzers FL 9496. As observações foram realizadas em Microscópio Eletrônico de Varredura SEM 505 Philipis, no Centro de Microscopia Eletrônica da UFPR e as fotos foram obtidas com filmes preto e branco da Kodak Verichrome pan film VP120 através de máquina fotográfica acoplado ao Microscópio Eletrônico de Varredura.

4.3 ENSAIOS FITOQUÍMICOS DE *Eucalyptus smithii*

Para a realização dos ensaios fitoquímicos foi utilizada uma árvore adulta, cortada no inverno, sendo empregado material referente às folhas, casca e lenho.

4.3.1 Características Organolépticas do Material Adulto

Foram determinados através de extratos hidroalcoólico a 20% e aquoso, a cor, odor, sabor e pH referente às folhas adultas oxidadas e verdes, casca e lenho.

4.3.2 Abordagem Sistemática Fitoquímica

A abordagem sistemática fitoquímica, representada pelos extratos alcoólico a 20% aquoso e, foi realizada de acordo com as técnicas descritas por NAKASHIMA (1993) e citadas, de forma completa, por FABROWSKI (1998).

Os extratos aquoso e hidroalcoólico a 20% das folhas adultas verdes e oxidadas, do lenho e da casca foram preparados pelo método de maceração, sendo verificada a presença ou ausência dos seguintes grupos químicos:

- Extrato Hidroalcoólico a 20%: glicosídeos flavônicos, glicosídeos antraquinônicos, alcalóides, esteróides e/ou triterpenos e, cumarinas;
- Extrato Aquoso: aminogrupos, glicosídeos antociânicos, glicosídeos saponínicos, taninos e ácidos fixos.

As pesquisas ou reações realizadas para a caracterização dos metabólitos secundários, acima citados, foram as seguintes:

- a) Glicosídeos Flavônicos: testes da Cianidina ou Shinoda e Oxalo-Bórica;
- b) Alcalóides: reativos de Mayer, Dragendorff, Bertrand e Bouchardat;
- c) Esteróides e/ou Triterpenos: reação de Liebermann-Burchard;
- d) Glicosídeos Antraquinônicos: reação de Bornträeger;
- e) Cumarinas: método de ultravioleta (365 nm);
- f) Aminogrupos: reação de Ninhidrina;
- g) Glicosídeos Antociânicos: reação de coloração em meio ácido, básico e neutro;
- h) Glicosídeos Saponínicos: teste de formação de espuma;
- i) Taninos Condensados e Hidrolisáveis: reação de Stanishy (formol-clorídrico), sais de ferro III, acetato de chumbo e dicromato de potássio;
- j) Ácidos Fixos: reativo de Nessler.

4.4 PESQUISA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*

4.4.1 Codificação do Material Botânico Utilizado nas Extrações do Óleo Essencial

O material botânico, para a extração do óleo essencial, foi codificado (quadros 15 a 17) para facilitar a identificação das amostras.

QUADRO 15 - CODIFICAÇÃO DAS EXTRAÇÕES PRELIMINARES

Código	Dias Após Coleta	Material	Aparelho Destilador (Balão)
P01	0	Folhas frescas	Clevenger Wasicky (3 litros)
P02	1	Folhas Armazenadas ao Ar	Farmacopéia Brasileira (6 litros)
P03	1	Folhas Armazenadas ao Ar	Clevenger Wasicky (3 litros)
P04	2	Folhas Armazenadas a Frio	Farmacopéia Brasileira (6 litros)
P05	2	Folhas Armazenadas a Frio	Clevenger Wasicky (3 litros)
P06	8	Folhas Armazenadas a Frio	Farmacopéia Brasileira (6 litros)
P07	8	Folhas Armazenadas a Frio	Clevenger Wasicky (3 litros)
P08	10	Folhas Armazenadas ao Ar	Farmacopéia Brasileira (6 litros)
P09	10	Folhas Armazenadas ao Ar	Clevenger Wasicky (3 litros)
P10	15	Ramos Armazenados ao Ar	Clevenger Wasicky (6 litros)
P11	15	Ramos Armazenados ao Ar	Farmacopéia Brasileira (3 litros)
P12	21	Folhas Armazenadas ao Ar	Farmacopéia Brasileira (3 litros)
P13	21	Folhas Armazenadas ao Ar	Clevenger Wasicky (6 litros)
P14	22	Folhas + Ramos a Frio	Farmacopéia Brasileira (3 litros)
P15	22	Folhas + Ramos a Frio	Clevenger Wasicky (6 litros)
P18	23	Folhas Armazenadas a Frio	Clevenger Wasicky (6 litros)
P17	29	Folhas + Ramos a Frio	Clevenger Wasicky (6 litros)
P16	30	Folhas Mofadas em Saco Plástico	Clevenger Wasicky (6 litros)

O material botânico preliminar foi coletado em 25/09/2000, ou seja, no início da primavera, destilado antes das extrações sazonais e codificado pela letra “P” (quadro 15).

Para a codificação do material botânico utilizado para as extrações sazonais de óleo essencial (quadros 16 e 17) utilizou-se a letra “F” para as folhas adultas, a letra “A” para as folhas adultas + ramos terminais e, a letra “R” para as folhas adultas + ramos terminais de árvores cortadas na primavera e para as rebrotas (folhas juvenis + ramos terminais) formadas no verão, outono e inverno a partir destas árvores cortadas. Ao lado da letra seguiu-se a numeração da árvore correspondente (para “A” e “F”: 1, 2, 3, 4 e 5) e para as árvores cortadas e suas rebrotas (“R”: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8). Os ramos terminais foram representados pela letra “G”. As frações (quadro 18) foram codificadas pela sílaba FRA, seguida de 1 (0 a 10 minutos de extração), 2 (10 – 40 minutos de extração), 3 (40 minutos a 1 hora e 40 minutos de extração) e 4 (1 hora e 40 minutos a 5 horas de extração). As estações do ano foram representadas pelas iniciais minúsculas (primavera: p; verão: v; outono: o; e inverno: i).

QUADRO 16 - CODIFICAÇÃO DAS EXTRAÇÕES SAZONAIS: PRIMAVERA E VERÃO

Código	Descrição do Material	Quantidades Destiladas (g)				
		ABNT	Clevenger Básico			
		100	100	200	300	400
	Extrações de Primavera: (p)					
A1p	folhas adultas + ramos terminais da árvore 1	1	0	0	1	1
A2p	folhas adultas + ramos terminais da árvore 2	1	0	0	1	1
A3p	folhas adultas + ramos terminais da árvore 3	1	0	0	1	1
A4p	folhas adultas + ramos terminais da árvore 4	1	0	0	1	1
A5p	folhas adultas + ramos terminais da árvore 5	1	0	0	1	1
F1p	folhas adultas da árvore 1	1	0	0	1	1
F2p	folhas adultas da árvore 2	1	0	0	1	1
F3p	folhas adultas da árvore 3	1	0	0	1	1
F4p	folhas adultas da árvore 4	1	0	0	1	1
F5p	folhas adultas da árvore 5	1	0	0	1	1
R1p	folhas adultas + ramos terminais da árvore cortada 1	1	0	0	0	0
R2p	folhas adultas + ramos terminais da árvore cortada 2	1	0	0	0	0
R3p	folhas adultas + ramos terminais da árvore cortada 3	1	0	0	0	0
R4p	folhas adultas + ramos terminais da árvore cortada 4	1	0	0	0	0
R5p	folhas adultas + ramos terminais da árvore cortada 5	1	0	0	0	0
R6p	folhas adultas + ramos terminais da árvore cortada 6	1	0	0	0	0
R7p	folhas adultas + ramos terminais da árvore cortada 7	1	0	0	0	0
R8p	folhas adultas + ramos terminais da árvore cortada 8	1	0	0	0	0
Rp	folhas adultas + ramos terminais das árv. cort. R1-R8	0	0	0	0	1
Gp	<u>Ramos terminais das árvores A1-A5</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>1</u>
	Sub-Total = 42	19	0	0	11	12
	Extrações de Verão: (v)					
A1v	folhas adultas + ramos terminais da árvore 1	1	1	1	1	1
A2v	folhas adultas + ramos terminais da árvore 2	1	1	1	1	1
A3v	folhas adultas + ramos terminais da árvore 3	1	1	1	1	1
A4v	folhas adultas + ramos terminais da árvore 4	1	1	1	1	1
A5v	folhas adultas + ramos terminais da árvore 5	1	1	1	1	1
F1v	folhas adultas da árvore 1	1	1	1	1	1
F2v	folhas adultas da árvore 2	1	1	1	1	1
F3v	folhas adultas da árvore 3	1	1	1	1	1
F4v	folhas adultas da árvore 4	1	1	1	1	1
F5v	folhas adultas da árvore 5	1	1	1	1	1
R1v	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 1	1	0	0	0	0
R2v	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 2	1	0	0	0	0
R3v	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 3	1	0	0	0	0
R4v	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 4	1	0	0	0	0
R6v	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 6	1	0	0	0	0
R7v	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 7	1	0	0	0	0
R8v	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 8	1	0	0	0	0
Rv	folhas juvenis + ramos terminais das árv. cort. R1-R8	1	0	1	1	1
Gv	<u>Ramos terminais das árvores adultas A1-A5</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>
	Sub-Total = 108	38	11	12	23	24

QUADRO 17 - CODIFICAÇÃO DAS EXTRAÇÕES SAZONAIS: OUTONO E INVERNO

Código	Descrição do Material	Quantidades Destiladas (g)				
		ABNT	Clevenger Básico			
		100	100	200	300	400
	Extrações de Outono: (o)					
A1o	folhas adultas + ramos terminais da árvore 1	1	1	1	1	1
A2o	folhas adultas + ramos terminais da árvore 2	1	1	1	1	1
A3o	folhas adultas + ramos terminais da árvore 3	1	1	1	1	1
A4o	folhas adultas + ramos terminais da árvore 4	1	1	1	1	1
A5o	folhas adultas + ramos terminais da árvore 5	1	1	1	1	1
F1o	folhas adultas da árvore 1	1	1	1	1	1
F2o	folhas adultas da árvore 2	1	1	1	1	1
F3o	folhas adultas da árvore 3	1	1	1	1	1
F4o	folhas adultas da árvore 4	1	1	1	1	1
F5o	folhas adultas da árvore 5	1	1	1	1	1
R1o	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 1	1	0	0	0	0
R2o	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 2	1	0	0	0	0
R3o	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 3	1	0	0	0	0
R4o	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 4	1	0	0	0	0
R5o	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 5	1	0	0	0	0
R6o	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 6	1	0	0	0	0
R7o	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 7	1	0	0	0	0
R8o	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 8	1	0	0	0	0
Ro	folhas juvenis + ramos terminais das árv. cort. R1-R8	0	0	0	1	0
Go	Ramos terminais das árvores adultas A1-A5	1	1	1	1	1
Fo-rebr	Folhas juvenis das árvores cortadas R1-R8	1	0	0	0	0
	Sub-Total = 173	58	22	23	35	35
	Extrações de Inverno: (i)					
A1i	folhas adultas + ramos terminais da árvore 1	1	1	1	1	1
A2i	folhas adultas + ramos terminais da árvore 2	1	1	1	1	1
A3i	folhas adultas + ramos terminais da árvore 3	1	1	1	1	1
A4i	folhas adultas + ramos terminais da árvore 4	1	1	1	1	1
A5i	folhas adultas + ramos terminais da árvore 5	1	1	1	1	1
F1i	folhas adultas da árvore 1	1	1	1	1	1
F2i	folhas adultas da árvore 2	1	1	1	1	1
F3i	folhas adultas da árvore 3	1	1	1	1	1
F4i	folhas adultas da árvore 4	1	1	1	1	1
F5i	folhas adultas da árvore 5	1	1	1	1	1
R1i	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 1	1	0	0	0	0
R2i	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 2	1	0	0	0	0
R3i	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 3	1	0	0	0	0
R7i	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 7	1	0	0	0	0
R8i	folhas juvenis + ramos terminais da árvore cortada 8	1	0	0	0	0
Ri	folhas juvenis + ramos terminais das árv. cort. R1-R8	1	0	0	0	1
Gi	ramos terminais das árvores adultas A1-A5	1	1	1	1	1
Gi-rebr	ramos terminais juvenis das árvores cortadas R1-R8	1	0	0	0	0
Fi-rebr	folhas juvenis das árvores cortadas R1-R8	1	0	0	0	0
Madeira	serragem da madeira da árvore A2	1	0	0	1	1
Casca	partículas da casca da árvore A2	1	1	1	1	1
	Total de Destilações = 245	79	34	35	48	49

QUADRO 18 - CODIFICAÇÃO DAS EXTRAÇÕES REFERENTES ÀS FRAÇÕES SAZONAIS

Código	Codificação do Óleo Essencial Extraído de 400 g das Folhas Adultas (F1-F5)	Quantidade
FRA1-v	Fração de 0 a 10 minutos do Verão	1
FRA2-v	Fração de 10 minutos a 40 minutos do Verão	1
FRA3-v	Fração de 40 minutos a 1 hora e 40 minutos do Verão	1
FRA4-v	Fração de 1 hora e 40 minutos a 5 horas do Verão	1
FRA1-o	Fração de 0 a 10 minutos do Outono	1
FRA2-o	Fração de 10 minutos a 40 minutos do Outono	1
FRA3-o	Fração de 40 minutos a 1 hora e 40 minutos do Outono	1
FRA4-o	Fração de 1 hora e 40 minutos a 5 horas do Outono	1
FRA1-i	Fração de 0 a 10 minutos do Inverno	1
FRA2-i	Fração de 10 minutos a 40 minutos do Inverno	1
FRA3-i	Fração de 40 minutos a 1 hora e 40 minutos do Inverno	1
FRA4-i	Fração de 1 hora e 40 minutos a 5 horas do Inverno	1
Sub-Total		12
Código	Codificação do Óleo Essencial Extraído de 400 g das Folhas Adultas + Ramos Terminais (A1-A5)	Quantidade
FRA1-v	Fração de 0 a 10 minutos do Verão	1
FRA2-v	Fração de 10 minutos a 40 minutos do Verão	1
FRA3-v	Fração de 40 minutos a 1 hora e 40 minutos do Verão	1
FRA4-v	Fração de 1 hora e 40 minutos a 5 horas do Verão	1
FRA1-o	Fração de 0 a 10 minutos do Outono	1
FRA2-o	Fração de 10 minutos a 40 minutos do Outono	1
FRA3-o	Fração de 40 minutos a 1 hora e 40 minutos do Outono	1
FRA4-o	Fração de 1 hora e 40 minutos a 5 horas do Outono	1
FRA1-i	Fração de 0 a 10 minutos do Inverno	1
FRA2-i	Fração de 10 minutos a 40 minutos do Inverno	1
FRA3-i	Fração de 40 minutos a 1 hora e 40 minutos do Inverno	1
FRA4-i	Fração de 1 hora e 40 minutos a 5 horas do Inverno	1
Total		24

As análises cromatográficas das extrações sazonais do óleo essencial realizadas para o *Eucalyptus smithii* apresentam-se detalhadas nos apêndices 1 a 4.

4.4.2 Determinação do Rendimento do Óleo Essencial

Foram realizados estudos preliminares do óleo essencial de *Eucalyptus smithii*, compreendendo 18 extrações a partir do material botânico de uma árvore adulta cortada (quadro 15), nas quais 11 destilações foram efetuadas em “Aparelho de Clevenger” modificado por WASICKY (1963) conforme figura 6.6 e 7 em aparelho de destilação (fig. 6.3) baseado na Farmacopéia Brasileira de 1988 (fig. 6.2), no Laboratório de Óleos Essenciais e Aromas (LOEA) do Departamento de Química da UFPR.

Os estudos preliminares tiveram como finalidade a familiarização com os métodos de extração de óleos essenciais, obtendo-se a melhor forma de destilação a ser adotada para os estudos sazonais e principais do óleo essencial, como o nível de aquecimento da manta e a

duração da destilação, refrigeração do condensador, quantidade de água utilizada no balão, além da influência do armazenamento ao ar e ao frio (em geladeira) no rendimento e composição do óleo essencial.

As folhas adultas das 8 árvores cortadas na primavera, para as coletas posteriores de material juvenil (rebrotas) tiveram seu material ensacado por 30 dias após o corte da árvore até o forte desenvolvimento de fungos para então proceder à destilação do óleo essencial pesquisando-se a influência da decomposição da matéria-prima sobre o rendimento e na composição do óleo essencial.

Para a determinação sazonal do rendimento do óleo essencial foram efetuadas 245 destilações nas estações de primavera, verão, outono e inverno, sendo que 79 destilações foram efetuadas em Aparelho de Clevenger modificado conforme ABNT (1991) (figs. 5.11 e 6.1) e 166 destilações foram realizadas em 3 Aparelhos de Clevenger básicos (figs. 5.12 e 6.5) baseados no Aparelho de ⁴Clevenger original (1928) para óleos essenciais menos densos que a água (fig. 6.4), citado por GUENTHER (1960) e COSTA (1986). Todas as destilações sazonais foram realizadas no Laboratório de Fitoquímica do Departamento de Farmácia da UFPR. Estas amostras compreenderam material adulto (folhas e folhas + ramos terminais) e material juvenil (de rebrotas: folhas + ramos terminais). As destilações sazonais para a obtenção de pelo menos 10 ml de cada amostra, para a realização dos ensaios físico-químicos, foram realizadas nos 3 Aparelhos de Clevenger básicos, todos operando simultaneamente.

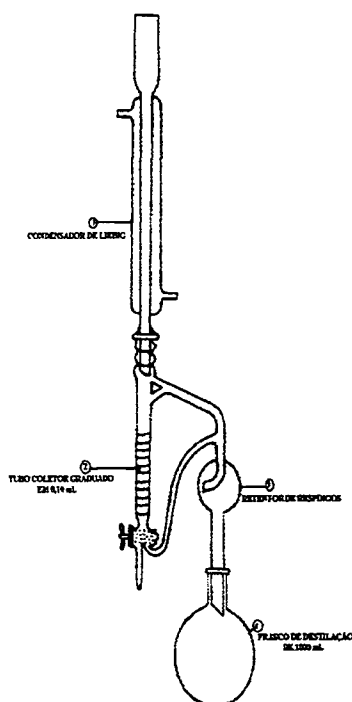
As destilações das frações sazonais foram realizadas aproveitando-se as folhas adultas (F) e as folhas adultas + ramos terminais (A) das destilações de 400 g de material das estações de verão, outono e inverno, nas quais foram obtidos os rendimentos e as colorações correspondentes do óleo essencial com o tempo de extração: FRA1: 0 a 10 minutos; FRA2: 10 minutos a 40 minutos; FRA3: 40 minutos a 1 hora e 40 minutos e; FRA4: 1 hora e 40 minutos a 5 horas. Foram estudadas a partir destas frações, as variações das características físico-químicas, rendimentos, e teores de 1,8-cineol.

Todas as extrações sazonais, tanto da aparelhagem conforme ABNT quanto dos Aparelhos de Clevenger básicos, foram efetuadas seguindo-se a norma brasileira NBR 11916: Óleos Essenciais - determinação do teor de óleo volátil (ABNT, 1991). O material vegetal foi fragmentado com tesoura e colocado em balão de 1000 ml (Clevenger ABNT) e em balões de 3000 ml (Clevenger Básico). A quantidade de água adicionada no balão (quadro 19) foi o

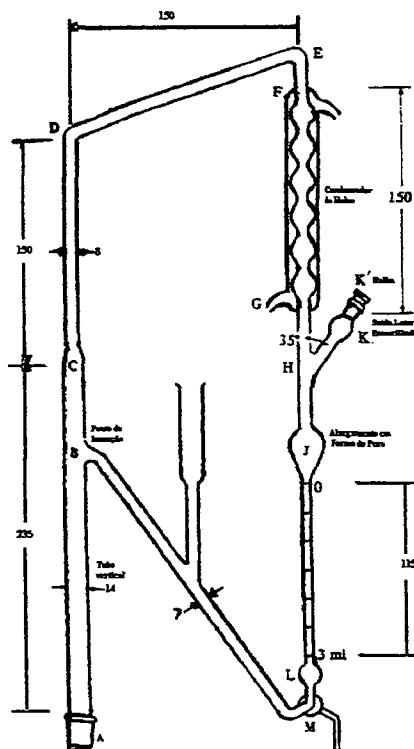
⁴CLEVENGER. *American Perfumer*, 23, p.467, 1928.

FIGURA 6: HIDRODESTILADORES UTILIZADOS NA TESE (1,3; 5-6)

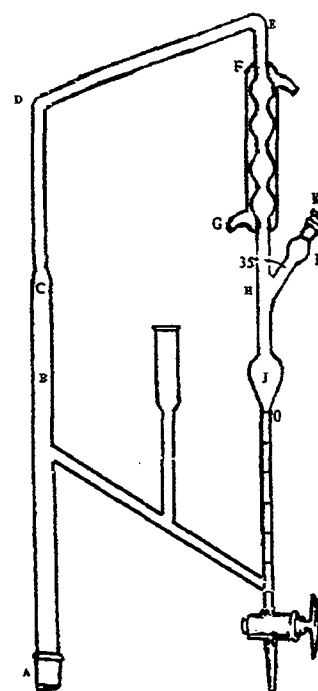
1 - Clevenger Modificado - ABNT.



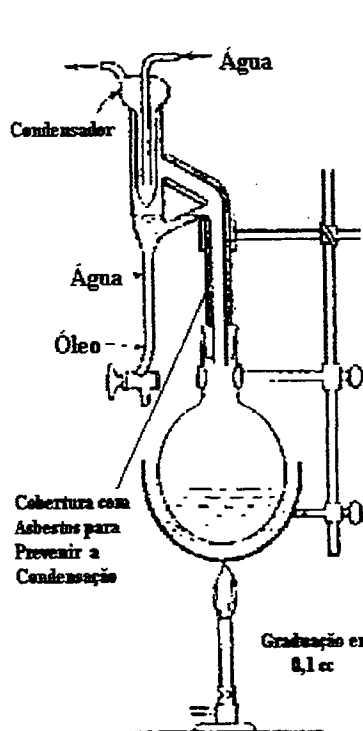
2 - Farmacopéia Brasileira IV ed (1988)



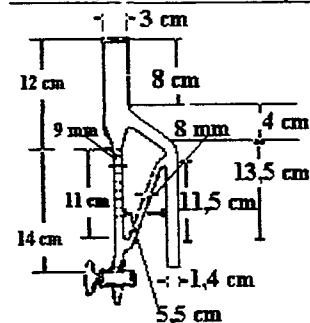
3 - Aparelho Baseado na Farmacopéia Brasileira, IV ed (1988).



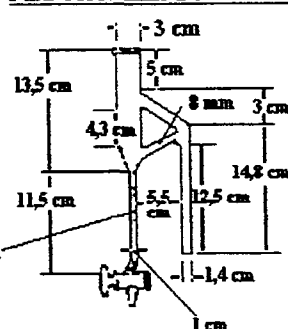
4 - Clevenger Original



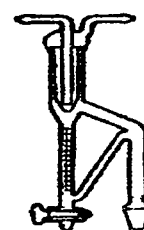
Para Oleos menos Densos que a Água



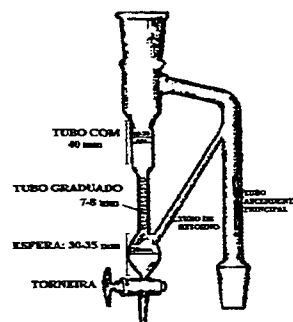
Para Oleos mais Densos do que a Água



5 - Clevenger com Junta Esmerilhada.



6 - Clevenger Modificado por WASICKY.



1 - Clevenger Modificado conforme ABNT (1991); 2 - FARMACOPÉIA Brasileira (1988) semelhante à Pharmacopée Européenne (1997); 3 - Aparelho baseado na Farmacopéia Brasileira (1988); 4 - Clevenger Original citado por GUENTHER (1960); 5 - Clevenger com Junta Esmerilhada (Tese); 6 - Clevenger Modificado por WASICKY (1963).

suficiente para cobrir o material a ser destilado, sem falta nem excesso que pudessem provocar destilações mal conduzidas ou refluxos durante a extração. O balão foi aquecido de modo a obter-se uma gota de condensado por segundo. A destilação teve a duração de 5 horas mais 30 minutos de repouso depois de desligado o aparelho destilador mantendo o resfriamento dos condensadores com água corrente até que não se observasse mais o aumento na quantidade de óleo essencial recolhido no tubo graduado e a fim de se obter uma boa separação água-óleo essencial.

Os rendimentos do óleo essencial foram dados em % volume/massa, isto é, volume (ml) de óleo essencial por massa (g) de material (FARMACOPÉIA dos Estados Unidos do Brasil, 1959; GUENTHER, 1960; BRITISH Pharmacopoeia, 1968; FARMACOPÉIA Brasileira, 1977 e 1988; ABNT, 1991; PHARMACOPÉE Européenne, 1997).

QUADRO 19 - QUANTIDADE DE ÁGUA UTILIZADA NOS BALÕES DE DESTILAÇÃO DE ACORDO COM A QUANTIDADE DE MATERIAL EXTRAÍDO

Balão	Aparelhagem (Quantidade de Material)	Proporção de Água/ Material no Balão
1 litro	Clevenger ABNT (100 g)	4 por 1
3 litros	Clevenger básico (100 g)	9 por 1
3 litros	Clevenger básico (200 g)	6 por 1
3 litros	Clevenger básico (300 g)	5 por 1
3 litros	Clevenger básico (400 g)	4 por 1

A vazão média de água empregada para o resfriamento dos condensadores durante a realização de cada bateria de destilação (3 a 4 extrações simultâneas por vez) foi de 1,1 litro de água/minuto, 66 litros/hora, 330 litros/5 horas, num total de água por bateria de extração, incluindo tempo de resfriamento após o desligamento dos aparelhos de 363 litros/5h30minutos, sem contar o tempo de aquecimento da manta que variou de 15 a 46 minutos (apênd. 5).

4.4.2.1 Amostragem e preparo do óleo essencial

O óleo essencial extraído do material botânico, utilizado para os estudos sazonais e principais foi amostrado conforme norma NBR 5780: amostragem de óleos essenciais (ABNT, 1984a). Os recipientes contendo os óleos essenciais foram hermeticamente fechados e etiquetados para garantir a autenticidade e identificação das amostras. As etiquetas apresentavam as seguintes informações: código da amostra, local de coleta e quantidade de óleo essencial, nome do pesquisador, data de amostragem e espécie. Para a coleta dos óleos

essenciais para os testes utilizou-se pipetas graduadas, certificando-se que o óleo essencial estivesse homogêneo e livre da presença de água ou outras impurezas. As amostras foram representativas para o material estudado, sendo utilizadas: 5 repetições representando “folhas adultas puras (F1 a F5)”; 5 repetições para “folhas adultas + ramos terminais (A1 a A5)” e; 8 repetições a partir de “folhas + ramos terminais (R1-R8)” representando o material juvenil (rebrotas: R1 a R8).

O óleo essencial obtido foi preparado conforme a norma NBR 5781: preparo de amostras de óleos essenciais (ABNT, 1984b), sendo armazenado em recipientes secos, hermeticamente fechados, ao abrigo da luz e em ambiente fresco até a disponibilização para as análises cromatográficas.

4.4.2.2 Análises físico-químicas do óleo essencial

As análises físico-químicas dos óleos essenciais foram realizadas através da determinação sazonal das principais constantes físico-químicas citadas em literatura e utilizadas no comércio, como a densidade relativa, o índice de refração, o poder rotatório e a solubilidade em etanol.

4.4.2.2.1 Determinação das densidade relativas: d_{20}^{20} e d_4^{20}

As densidades relativas relativas (apêndi. 6) foram determinadas conforme a norma NBR 5784: Óleos Essenciais – determinação da massa específica e densidade relativa (ABNT, 1985a) e a FARMACOPÉIA Brasileira (1988). Foram utilizados picnômetros conforme a quantidade de óleo essencial disponível.

A calibração do picnômetro compreende a determinação da massa do picnômetro vazio (m) e da massa deste com água destilada (m_1). Colocou-se a amostra de óleo essencial no picnômetro à temperatura de 20 °C e pesou-se (m_2), obtendo-se o peso da amostra através da diferença de massa do picnômetro cheio e vazio. O quociente entre a massa da amostra líquida e a massa da água, ambas a 20 °C, é a densidade relativa d_{20}^{20} , onde $d_{20}^{20} = (m_2 - m)/(m_1 - m)$. Obteve-se, também, a densidade relativa a 4 °C de temperatura da água (d_4^{20}) através da seguinte fórmula: $d_4^{20} = (0,99820/0,99997) \times d_{20}^{20}$ (ABNT, 1985a). Para algumas amostras foram obtidas densidades relativas, com diferentes temperaturas do óleo essencial (10, 20 e 30 °C) mantendo-se constante a temperatura da água a 20 °C, para se analisar a influência da temperatura do óleo essencial sobre a densidade relativa.

Para amostras obtidas com menos de 1 ml na destilação utilizou-se tubos capilares que foram lavados, secos em estufas, mantidos secos em dessecador e pesados vazios (m); enchidos com água destilada e pesados (m_1); esvaziados, lavados, secos, enchidos com óleo essencial e pesados novamente (m_2), obtendo-se o peso da amostra através da diferença da massa do tubo capilar cheio e vazio, sendo que as densidades relativas foram obtidas como o procedimento utilizado para os picnômetros descritos acima.

As densidades relativas, obtidas com temperaturas da água diferentes de 20 °C foram convertidas através da tabela de densidades da água de 0 a 100 °C conforme PERRY, GREEN e MALONEY, 1997. A temperatura do óleo essencial foi mantida constante a 20 °C.

4.4.2.2.2 Determinação do índice de refração n_D^{20}

Determinou-se o índice de refração (apênd. 7) conforme a norma NBR 5785: Óleos Essenciais – determinação do índice de refração (ABNT, 1985b) e a FARMACOPÉIA Brasileira (1988). Utilizou-se refratômetro modelo ausJENA, ajustando-o de tal modo que, a 20 °C, os seguintes índices de refração fossem obtidos: 1,3330 (água destilada), 1,5685 (benzoato de benzila), 1,4904 (p -cumeno), 1,6586 (l-bromonaftaleno) e 1,3651 (etanol 85% por massa) (ABNT, 1985b).

4.4.2.2.3 Determinação do poder rotatório $[\alpha]_D^{20}$

Estabeleceu-se a atividade óptica do óleo essencial (apênd. 7), conforme a norma NBR 5783: Óleos Essenciais – determinação da rotação óptica e rotação óptica específica (ABNT, 1987) e a FARMACOPÉIA Brasileira (1988). O poder rotatório foi determinado em polarímetro da marca CENCO-KERN utilizando-se de tubos polarímetros de 1 dm de comprimento. Calibrou-se o aparelho utilizando uma cubeta de vidro com água destilada. Depois, preencheu-se esta cubeta com a amostra de óleo essencial, de modo a não formar bolha e procedendo-se a leitura da amostra.

4.4.2.2.4 Determinação da solubilidade em etanol

Determinou-se a solubilidade do óleo essencial (apênd. 8), conforme a PHARMACOPEIA Helvetica (1993), em etanol 70%, 80%, 90% e etanol absoluto. Colocou-se o etanol na bureta de 25 ml e gotejou-se sobre a amostra de 0,1 ml de óleo essencial. Após a solubilização total da amostra procedeu-se à leitura do volume gasto de etanol na bureta.

4.4.3 Delineamento Estatístico para o Rendimento e Testes Físico-Químicos

As análises estatísticas foram realizadas para os seguintes parâmetros referentes ao óleo essencial: rendimentos, densidade relativa d_{20}^{20} e índice de refração. O experimento utilizado foi em fatorial delineado inteiramente casualizado. Pela análise de variância (ANOVA), obteve-se, na maioria, diferenças significativas entre tratamentos. As médias dos tratamentos dos fatores A, B e C, conforme a variável analisada, assim como as médias das interações foram comparadas através do Desvio Mínimo Significativo (DMS-Teste) ao nível de significância obedecendo a informação do F-Teste da ANOVA (95% ou 99%). Os dados experimentais foram processados pelo programa de computador MSTAT para o sistema DOS (FREED; EISENSMITH; GOETZ, 1991; KOEHLER, 1996).

4.4.4 Análises Cromatográficas Realizadas

Foram realizadas 28 análises cromatográficas, neste trabalho (quadro 20).

QUADRO 20 - ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS REALIZADAS NA TESE

Amostras	Análises Cromatográficas	Representação
	A) Quantitativas para o 1,8-Cineol: Laboratório Catarinense	
P01	Folhas adultas + ramos terminais, destiladas no dia da coleta (Preliminar)	Individual
P09	Folhas adultas + ramos terminais, armazenadas ao ar por 10 dias (Preliminar)	Individual
P18	Folhas adultas + ramos terminais, armazenadas em geladeira por 23 dias (Preliminar)	Individual
Ap	Folhas adultas + ramos terminais (A1 a A5)	Primavera
Fp	Folhas adultas (F1 a F5)	Primavera
Fv	Folhas adultas (F1 a F5)	Verão
Fo	Folhas adultas (F1 a F5)	Outono
Fi	Folhas adultas (F1 a F5)	Inverno
Rp	Folhas adultas + ramos terminais (R1 a R8), com desenvolvimento de fungos, das árvores cortadas para a rebrotagem	Primavera
Rv	Folhas juvenis + ramos terminais (R1 a R3; R4; R6 e R7)	Verão
Ro	Folhas juvenis + ramos terminais (R1 a R8)	Outono
Ri	Folhas juvenis + ramos terminais (R1 a R3; R7 e R8)	Inverno
FRA1o	Fração: 0 a 10 minutos, das folhas adultas (F1 a F5)	Outono
FRA2o	Fração: 10 a 40 minutos, das folhas adultas (F1 a F5)	Outono
FRA3o	Fração: 40 minutos a 1 h e 40 minutos, das folhas adultas (F1 a F5)	Outono
FRA4o	Fração: 1 h e 40 minutos a 5 horas, folhas adultas (F1 a F5)	Outono
Gi	Ramos terminais (G1 a G5)	Inverno
Ci	Cascas da árvore A2	Inverno
	B) Quantitativas para o 1,8-Cineol: LEQSO-UFPR	
F3V	Folhas adultas de verão da árvore A3	Individual
F5v	Folhas adultas de verão da árvore A5	Individual
	C) Qualitativas Completas: LOEA-UFPR	
Ap	Folhas adultas + ramos terminais (A1 a A5)	Primavera
Fp	Folhas adultas (F1 a F5)	Primavera
Rp	Folhas adultas + ramos terminais (R1 a R8), com desenvolvimento de fungos	Primavera
Gp	Ramos terminais (G1 a G8), com desenvolvimento de fungos	Primavera
FRA1o	Fração: 0 a 10 minutos, das folhas Adultas (F1 a F5)	Outono
FRA2o	Fração: 10 a 40 minutos, das folhas Adultas (F1 a F5)	Outono
FRA3o	Fração: 40 minutos a 1 h e 40 minutos, das folhas adultas (F1 a F5)	Outono
FRA4o	Fração: 1 h e 40 minutos a 5 horas, das folhas adultas (F1 a F5)	Outono

Estas cromatografias, representando as 263 extrações do óleo essencial de *Eucalyptus smithii* realizadas na tese: 18 extrações preliminares (quadro 15) e 245 sazonais (quadros 16 e 17) representaram 10,65% das extrações.

4.4.4.1 Cromatografias quantitativas em relação ao teor de 1,8-cineol

Para a determinação do teor de 1,8-cineol presente no óleo essencial de *Eucalyptus smithii* (apênds. 9 a 13) procedeu-se à aparelhagem do Laboratório Catarinense, em Joinville-SC, sendo utilizado o cromatógrafo gasoso Shimadzu, modelo 14B, conforme detalhado em CARVALHO (2001), sendo equipado com colunas Megabore DB-17 (50% fenil e 50% dimetilpolisiloxano, polaridade 24) de 0,543 mm de diâmetro interno por 30 m de comprimento. Como gás de arraste utilizou-se nitrogênio a 6 ml por minuto, split a 5 ml/minuto (razão 1:1), purga do septo 3 ml/minuto, make up nitrogênio: 25 ml/minuto e oxigênio a 100 ml/minuto. O gradiente de temperatura utilizado foi: temperatura inicial 100 °C com patamar de 1 minuto e rampa de aquecimento a 16 °C/minuto até 260 °C com patamar de 34 minutos; Temperatura do injetor: 240 °C; Temperatura do detector: 270 °C; Volume de Injeção: de 2 µl.

Para o estudo analítico, por cromatografia gasosa, utilizou-se a metodologia por padronização interna (PI), com a finalidade de caracterizar e quantificar o 1,8-cineol por retenção relativa em relação ao acetato de tocoferol: Vitamina E (padrão interno).

Foram realizadas 2 análises cromatográficas do óleo essencial de *Eucalyptus smithii* no Laboratório de Ecologia Química e Síntese Orgânica (LEQSO) da UFPR através de cromatógrafo a gás CG Varian 3800, com sistema de detecção de chamas FID.

4.4.4.2 Cromatografias qualitativas do óleo essencial de *Eucalyptus smithii*

As análises cromatográficas qualitativas para a identificação dos componentes presentes no óleo essencial de *Eucalyptus smithii* (apênds. 14 a 21) foram realizadas no Laboratório de Óleos Essenciais e Aromas (LOEA) do Departamento de Química da UFPR.

Para o desenvolvimento das análises utilizou-se GC/MS-MSD da Hewlett-Packard, modelo de cromatógrafo HP 5890A e detector seletivo de massas modelo HP 5970, coluna capilar do tipo PONA (metil-silicona de 50 m x 0,2 mm x 0,535 µm de filme líquido), com hélio como gás de arraste e detecção por FID.

Os dados de GC/MS-MSD foram tratados em sistema de dados Wiley Windows para 250.000 espectros (edição de 1996) e a separação e identificação de alguns dos componentes do óleo essencial. Injetou-se 0,15 µl de amostra de óleo essencial puro em razão de split 1:100 com T_{inicial} : 60 °C, tempo inicial: 1 min, com rampa de aquecimento de 6 °C/min; T_{parcial} : 220 °C, tempo parcial: 10 min, com rampa de aquecimento: 3 °C/min; T_{final} : 250 °C, tempo final: 5 min; Tempo de Corrida Total: 52,67 min. A vazão de gás de arraste (He) foi de 4 ml/min; temperatura de injeção de 250 °C; temperatura de detecção de 280 °C; energia de ionização de 70 eV e varredura no detector de massas de 20 a 550 u.m.a.

Para a confirmação dos componentes presentes no óleo essencial, detectados por GC/MS-MSD, utilizou-se os seguintes passos:

- a) Banco de dados via biblioteca Willey-Windows de 1996, do Chemstation HP séries 4 5/133 Vectra XM;
- b) Comparação das rotas de fragmentação dos componentes do óleo essencial (apênd. 22 a 31) com os padrões de monoterpenos e sesquiterpenos;
- c) Cálculo do índice de Kovats com padrões de terpenos e alcanos (DOOL; KRATZ, 1963);
- d) Comparação dos índices de Kovats calculados com os índices de Kovats encontrados na literatura (JENNINGS; SHIBAMOTO, 1980).

Os nomes químicos e as utilizações dos principais componentes presentes no óleo essencial de *Eucalyptus smithii* foram descritas com base principal na International Union of Pure and Applied Chemistry - IUPAC (THE MERCK INDEX, 1989) e conforme FLUKA (1995); GUENTHER; ALTHAUSEN (1963); BOLAND; BROPHY; HOUSE, (1991); LIDE (1999), estando citadas no anexo 1.

4.4.5 Análise Econômica para a Produção do Óleo Essencial de *Eucalyptus smithii*

Para a realização das análises econômicas do óleo essencial de *Eucalyptus smithii* foram obtidos dados de Importação e Exportação efetuadas pelo Brasil no período de 1992 a 10/2001 conforme os anexos 2 a 4. Os dados referentes de 1992 a 1996 e a relação dos potenciais exportadores e importadores de óleo essencial de eucalipto, no Brasil, foram obtidos mediante consultoria realizada pelo Setor de Consultoria, Agência de Negócios

Internacionais do Banco do Brasil. Os dados referentes de 1997 a 10/2001 foram fornecidos pela Receita Federal, em Curitiba. A relação das empresas potenciais de exportação e importação estão citadas no anexo 5.

O código do óleo essencial de eucalipto para exportação e importação foi determinado conforme a Nomenclatura Brasileira de Mercadorias (NBM), sendo até 1996, identificado pelo número 3301.29.0700. A partir de 1996 a nomenclatura mudou adotando-se, a partir de então, a Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) na qual o novo código do óleo essencial de eucalipto para comercialização passou a ser conhecido pelo número 3301.29.19.

Utilizou-se as informações de literatura e pesquisa de mercado, tais como número de árvores por hectare, rendimento do óleo essencial de *E. smithii*, além da pesquisa de preços e custos por hectare, incluindo despesas de plantio, manutenção, diárias de funcionários, etc., assim como os preços dos equipamentos para a realização das extrações: caldeira, dornas, condensadores, vaso separador e a depreciação anual destes equipamentos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DESCRIÇÃO DE *Eucalyptus smithii*

As árvores utilizadas na tese, situadas em Colombo-PR e com 14 anos de idade, apresentaram altura média de 20,79 metros e a média de diâmetro à altura do peito (DAP) de 23,89 cm. Apresentaram casca áspera, amarronzada com nuances avermelhados até cerca de um terço do tronco (fig. 5.10), descamando-se gradualmente até a copa, passando de amarronzado a branco-acinzentado ou branco-creme. As folhas adultas são alternas, simples, estreitamente lanceoladas, acuminadas, glabras, verdes, pecioladas; pecíolos com 1,0-1,5 cm, ligeiramente achatados ou arredondados; lâminas foliares com 10-18 cm de comprimento por 1,2-1,5 cm de largura, concolores, sem brilho. As folhas juvenis são opostas, simples, amplexicaule, lanceoladas, verdes. As inflorescências apresentam-se em umbelas axilares com 5-7 flores; pedúnculos achatados ou arredondados; botões ovóides, opérculos cônicos, hipântio obcônico; venação pouco distinta.

5.1.1 Descrição Anatômica das Folhas Adultas e Juvenis

As folhas juvenis e adultas de *Eucalyptus smithii* (figs. 7 a 9), em seção transversal, revelam a presença, em ambas as faces, de epiderme uniestratificada, formada por um único estrato de células que apresentam diferentes formatos poliédricos, de paredes retas com a mesma espessura nas faces adaxial e abaxial. A epiderme revela as paredes periclinais externas providas de uma cutícula que se projeta para dentro, entre as paredes anticlinais, como flanges cuticulares (fig. 8.3).

A margem da folha, em seção transversal, revela epiderme com flanges cuticulares mais desenvolvidas que no restante da folha. Internamente a esta epiderme, há de 5 a 6 estratos de células com paredes intensamente espessadas e de natureza celulósica (colênquima) e internamente a este, uma nervura de menor porte se faz presente (fig. 8.3).

Em seção paradérmica ou vista frontal, revela-se que as folhas são anfiestomáticas, com estômatos anomocíticos presentes em ambas as faces, nas quais as células envoltentes não se diferenciam das demais (figs. 8.2 e 8.4, 9.1 a 9.4). As células epidérmicas são poliédricas, de paredes retas e cristais romboédricos estão presentes próximos às nervuras.

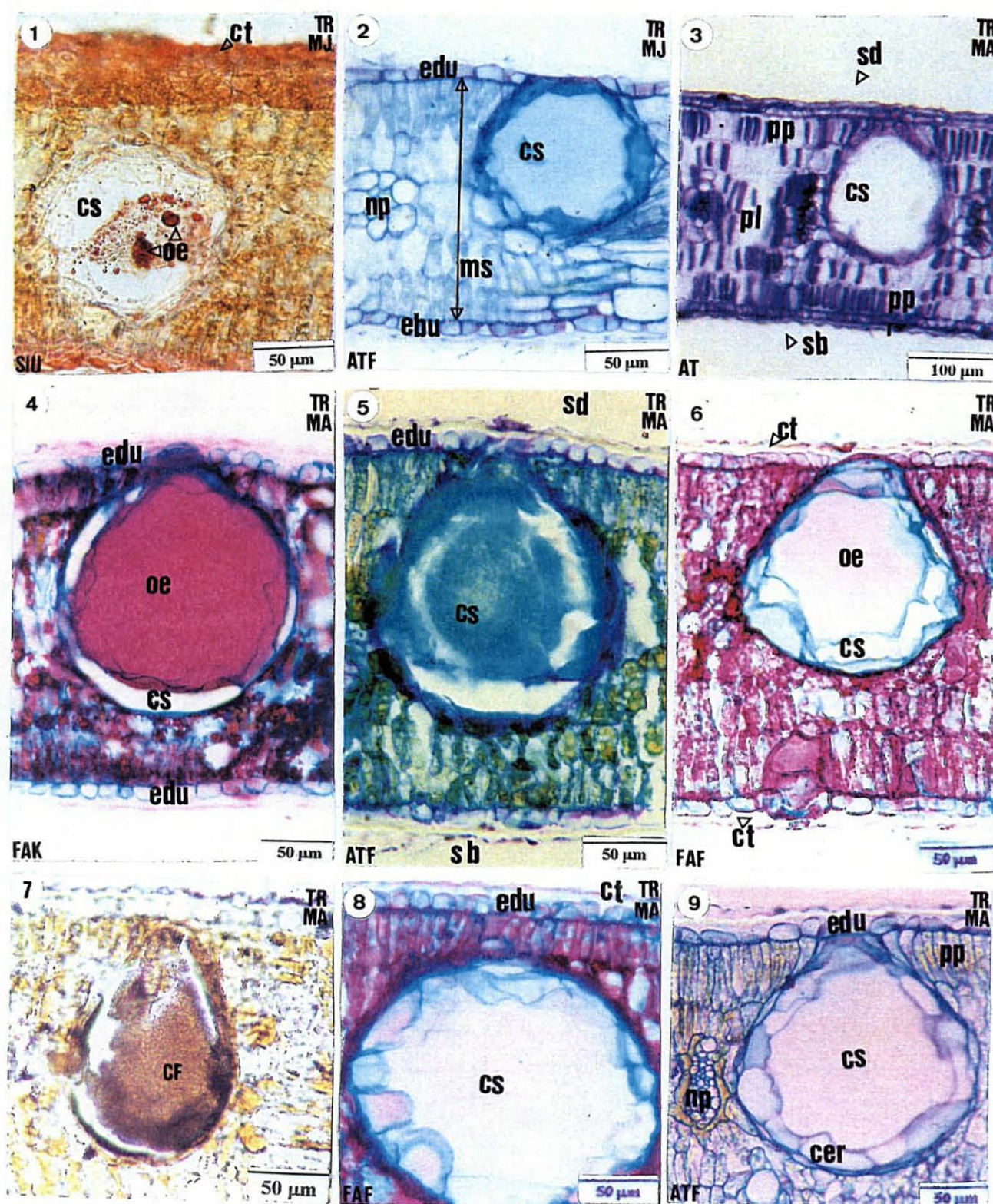
O mesofilo é do tipo heterogêneo simétrico ou isofacial, sendo que o parênquima clorofiliano é constituído de parênquima paliádico, parênquima lacunoso (esponjoso) e

parênquima paliçádico novamente, ou seja, o parênquima paliçádico está relacionado tanto com a epiderme superior, como com a epiderme inferior. O parênquima clorofiliano paliçádico é predominantemente uniestratificado e internamente provido de células coletoras (fig. 8.7). Nos parênquimas paliçádico e lacunoso, há células secretoras abundantes: 8-10-16/mm² nas folhas adultas e 7-12-15/mm² nas folhas juvenis respectivamente, de esféricas a ovais, maiores do que as demais, revelando reações positivas para óleos essenciais (fig. 7.1) e compostos fenólicos (fig. 7.7).

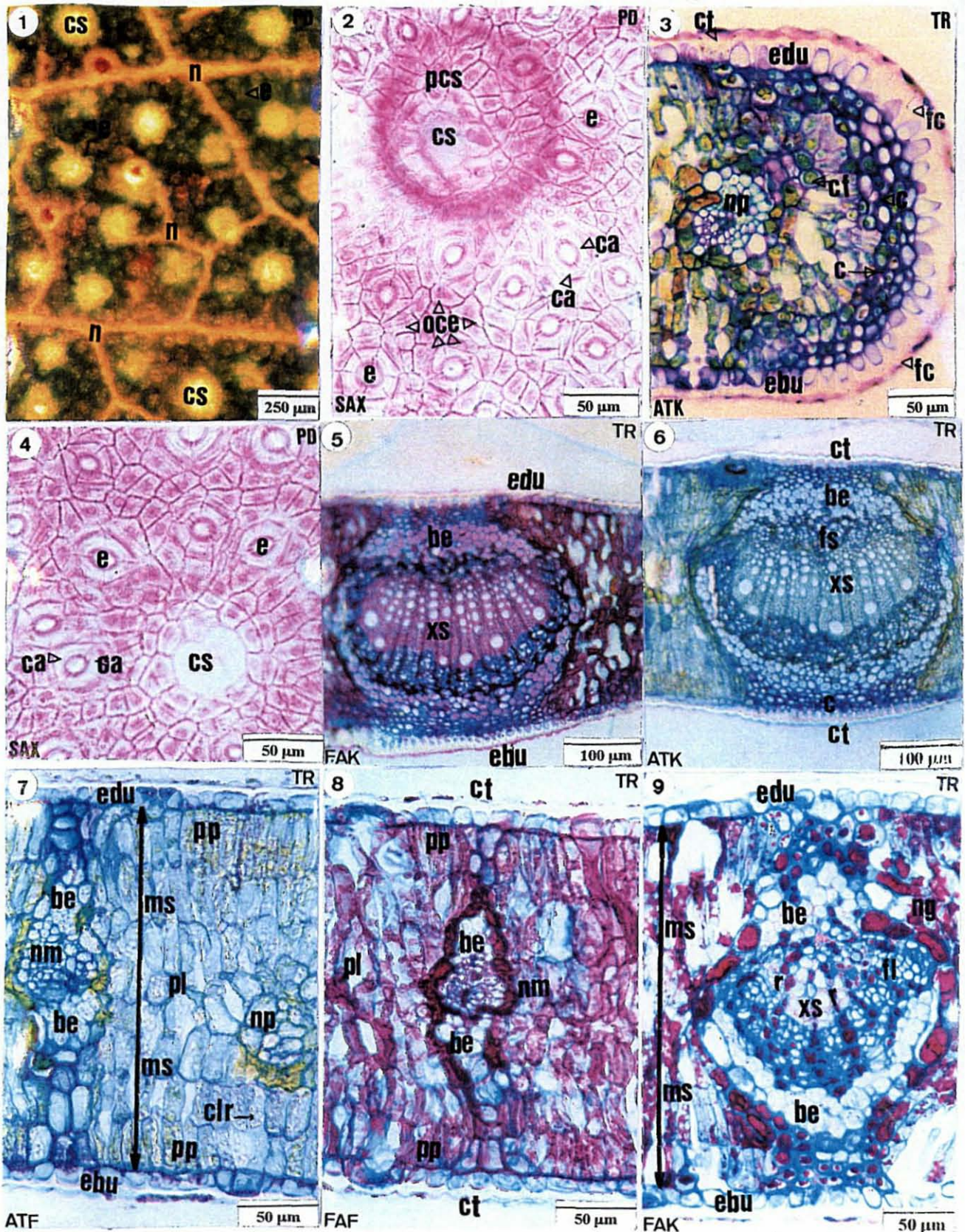
O sistema vascular da lâmina foliar é representado pela nervura principal (central), pouco ou levemente saliente na superfície abaxial (figs. 8.5 e 8.6) e outros feixes vasculares de grande (fig. 8.9), médio (fig. 8.8) e pequeno porte (fig. 8.7). A venação caracteriza-se como reticulada (fig. 8.1). A nervura central apresenta feixe envolto por uma bainha esclerenquimática. Internamente, à bainha está o protoxilema em direção à face adaxial seguido de metaxilema e xilema secundário. O floema constitui um semi-arco voltado em direção à face abaxial (figs. 8.5 e 8.6). Entre o xilema secundário e o floema secundário, há a presença de câmbio fascicular. O xilema secundário da nervura central e das outras nervuras de grande porte das folhas de *Eucalyptus smithii*, assim como no lenho, em seção transversal, revela a presença de fibras, elementos de vaso, e raios, entre outros. Os feixes de grande porte apresentam a mesma organização da nervura principal que apesar de menores, apresentam extensão de bainha. Os feixes de médio porte apresentam organização similar à anterior, porém com menor número de células. Os feixes de pequeno porte, além do número reduzido de células, são desprovidos de extensão de bainha.

A presença de estômatos anomocíticos, observada no *Eucalyptus smithii*, foi relatada por METCALFE e CHALK (1988) para a família Myrtaceae. A existência de cutícula nas folhas de determinadas espécies, como no caso deste estudo, é justificada, por MODESTO e SIQUEIRA (1981), como sendo um espessamento externo das células epidérmicas, impedindo a transpiração excessiva, ocorrendo a deposição de uma camada de material gorduroso, ou cutina, impermeável à água, em sua maior parte, tendo função protetora e externamente resistente a microorganismos (CUTTER, 1986).

A presença de cavidades secretoras distribuídas no parênquima das folhas foi também observada por BROOKER e KLEINIG (1990) na maioria dos eucaliptos. Quanto à origem das cavidades secretoras das folhas de eucaliptos, MODESTO e SIQUEIRA (1981) citam que em suas folhas, glândulas de origem lisígena estão presentes. No entanto, COSTA (1986) relatou a presença de glândulas esquizógenas em *Eucalyptus globulus*.

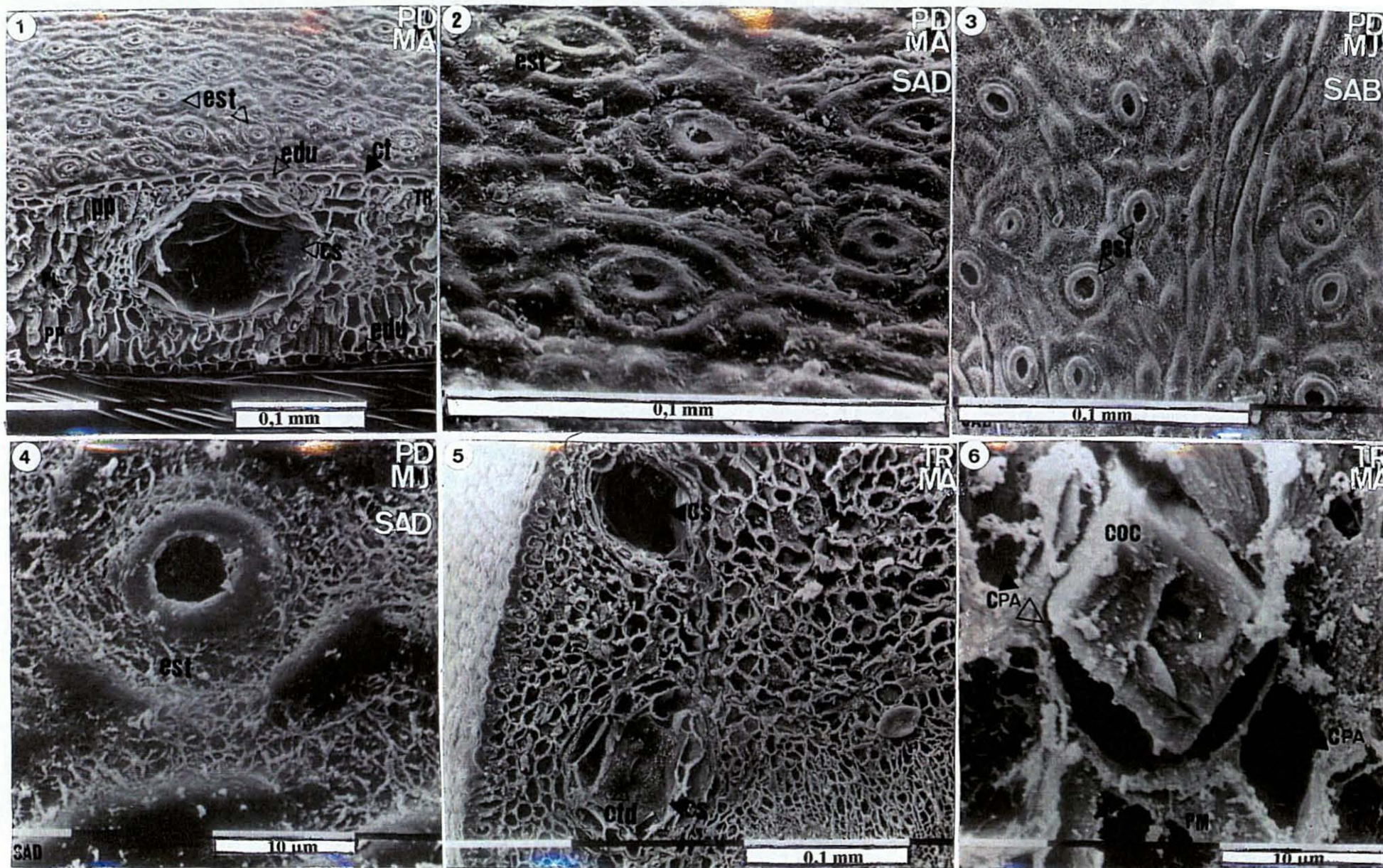
FIGURA 7 - FOTOMICROGRAFIAS DAS FOLHAS DE *Eucalyptus smithii*

Cavidade secretora (cs); óleo essencial (ol); cutícula (ct); superfície adaxial (sd); superfície abaxial (sb); epiderme adaxial uniestratificada (edu); epiderme abaxial uniestratificada (ebu); mesofilo (ms); nervura de pequeno porte (np); parênquima paliçádico (pp); parênquima lacunoso (pl); células de revestimento das cavidades secretoras (cer); composto fenólico (cf). Material corado com: Fucsina Básica + Azul de Astra (FA) e fixado com FAA (FAF) ou Kamovsky (FAK); Azul de Toluidina (AT) e fixado com FAA (ATF); e reagido com Sudam III (SIII) e Cloreto Férrico (CLF). Seção Transversal (TR). Materiais Adulto (MA) e Juvenil (MJ).

FIGURA 8 - FOTOMICROGRAFIAS DAS FOLHAS ADULTAS DE *Eucalyptus smithii*

Cavidade secretora (cs); projeção da cavidade secretora (pcs); cutícula (ct); Flanges cuticulares (fc); epiderme adaxial uniestratificada (edu); epiderme abaxial uniestratificada (ebu); estômato (e); células anexas (ca); outras células epidérmicas (oce); mesofilo (ms); parênquima paliádico (pp); parênquima lacunoso (pl); cloroplastos (clr); nervura (n); nervura de pequeno porte (np); nervura de médio porte (nm); nervura de grande porte (ng); bainha esclerenquimática (be); xilema secundário (xs); raios (r); floema (fl); floema em semi-arco (fs); composto fenólico (cf). Material corado com: Fucsina Básica + Azul de Astra fixado com FAA (FAF) ou Karnovsky (FAK); Azul de Toluidina fixado com FAA (ATF) ou Karnovsky (ATK); Safranina em Álcool Xilol 1/1 (SAX). Seções Paradérmica (PD) e Transversal (TR).

FIGURA 9 – FOTOS A PARTIR DE MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA DAS FOLHAS E RAMOS TERMINAIS DE *Eucalyptus smithii*



Superfícies adaxial (SAD) e abaxial (SAB); Cavidade secretora (cs); estômatos (est); epidermes uniestratificadas adaxial (edu) e abaxial (ebu); cutícula (ct); parênquimas clorofilianos paliádico (PP) e lacunoso (PL); parênquima medular (PM); células parenquimáticas (CPA); cristal prismático de oxalato de cálcio (COC). Seções Paradérmica (PD) e Transversal (TR). Materiais Adulto (MA) e Juvenil (MJ).

Assim como foi observada em *Eucalyptus smithii* a presença de compostos fenólicos, MORI et al. (1969) obtiveram taninos a partir das folhas de *E. grandis*, os quais são uma classe de compostos de origem fenólica que reagem positivamente com cloreto férrico.

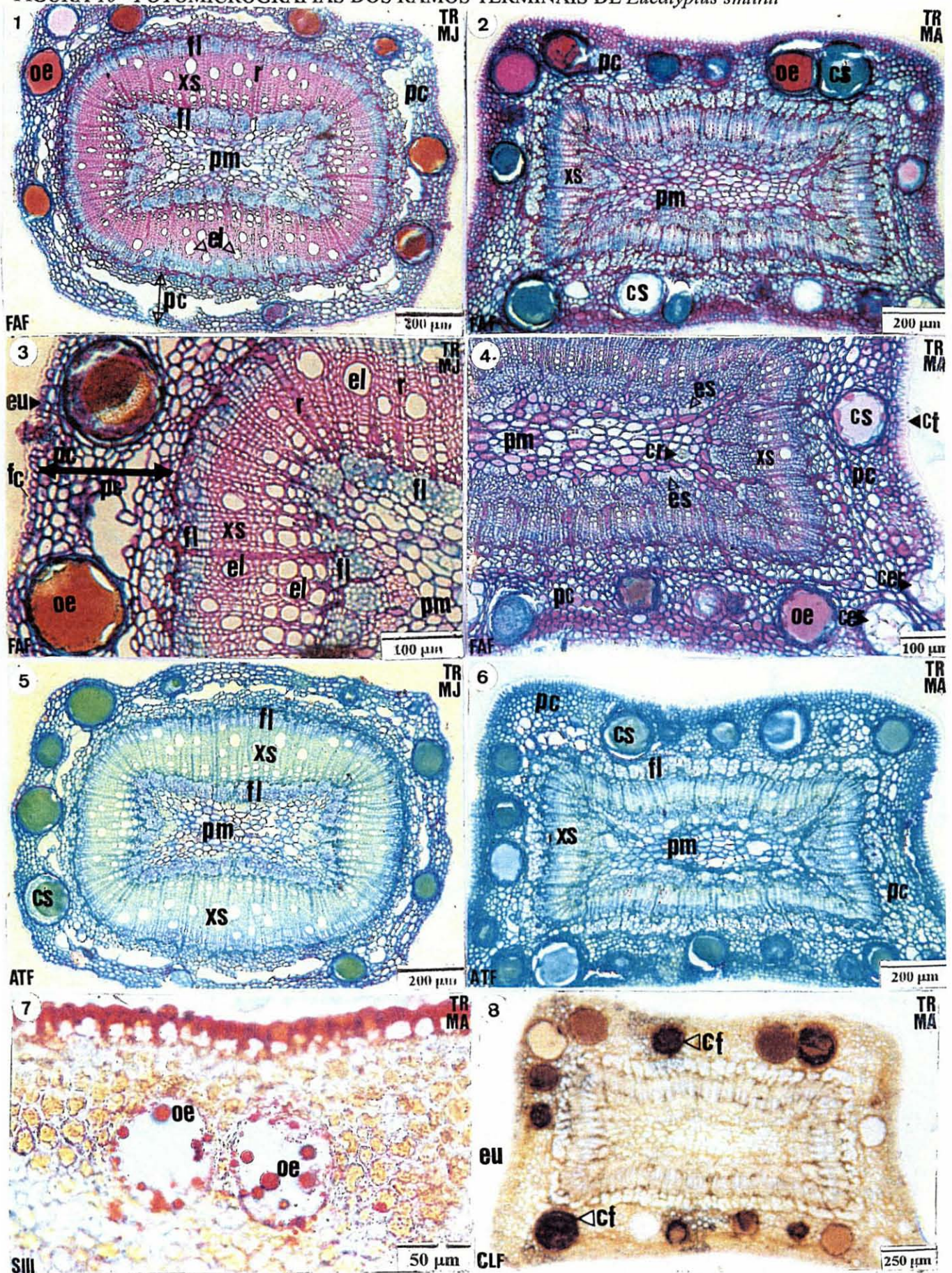
5.1.2 Descrição Anatômica dos Ramos Terminais Adultos e Juvenis

Os ramos tenros terminais de *Eucalyptus smithii* (fig. 10), em seção transversal, revelam a presença de epiderme uniestratificada, provida de flanges cuticulares (fig. 10.3). O parênquima cortical é espesso, formado por vários estratos celulares. Nesta região há a presença de grande quantidade de células secretoras. Segue-se uma região de floema, delimitada por um câmbio, separando o xilema secundário (fig. 10.3). O xilema secundário assim como no lenho do tronco, revela a presença de fibras, elementos de vaso, e raios, entre outros. A região mais interna do xilema é representada por meta e protoxilema. Uma faixa de floema se faz presente na região mais interna do protoxilema caracterizando o sistema vascular do tipo bicolateral aberto. Na região mais interna do floema, associada ao parênquima medular, grupos de células de esclerênquima se fazem presentes (fig. 10.4).

Toda a região central do órgão é ocupada por parênquima medular (figs. 10.1, 10.2, 10.5 e 10.6). Nesta região há a presença de cristais em formato de drusas e cristais romboédricos de oxalato de cálcio (fig. 10.4).

Nas regiões de bifurcação dos ramos terminais, as seções transversais revelam idioblastos contendo substâncias fenólicas frequentes em todos os tecidos internos, sendo que estudos ontogenéticos são necessários para um melhor esclarecimento sobre a presença destas substâncias.

As glândulas secretoras reagiram positivamente para óleos essenciais (fig. 10.7) e para compostos fenólicos (fig. 10.8).

FIGURA 10 - FOTOMICROGRAFIAS DOS RAMOS TERMINAIS DE *Eucalyptus smithii*

Cavidade secretora (cs); óleo essencial (ol); cutícula (ct); fc: flanges cuticulares; epiderme uniestratificada (eu); parênquima cortical (pc); parênquima medular (pm); células de revestimento das cavidades secretoras (cer); cristal (cr); xilema secundário (xs); raio (r); elemento de vaso (el); floema (fl); esclerênquima (es); composto fenólico (cf). Material corado com: Fucsina Básica + Azul de Astra fixado com FAA (FAF) ou Karnovsky (FAK); Azul de Toluidina fixado com FAA (ATF) ou Karnovsky (ATK); e reagido com Sudam III (SIII) e Cloreto Férrico (CLF). Seção Transversal (TR). Materiais Adulto (MA) e Juvenil (MJ).

5.1.3 Descrição do Lenho

5.1.3.1 Descrição macroscópica do lenho

O lenho de *Eucalyptus smithii* apresenta cerne e alburno levemente distintos quanto a cor, na qual o alburno é rosado (7.5 YR 8/4 – Munsell) e o cerne varia de rosado (7.5 YR 8/4) à amarelado (5Y 8/6).

A madeira apresenta-se sem brilho ou com brilho pouco acentuado; grã irregular; textura média; cheiro e gosto indistintos; bolsas de kino presentes. Anéis de crescimento distintos.

As características encontradas para *Eucalyptus smithii* estão de acordo com as características de várias espécies estudadas por ALFONSO (1987). A presença de bolsas de kino também foi relatada em várias espécies de eucaliptos, entre eles o *E. smithii* (TIPPET, 1986).

5.1.3.2 Descrição microscópica do lenho

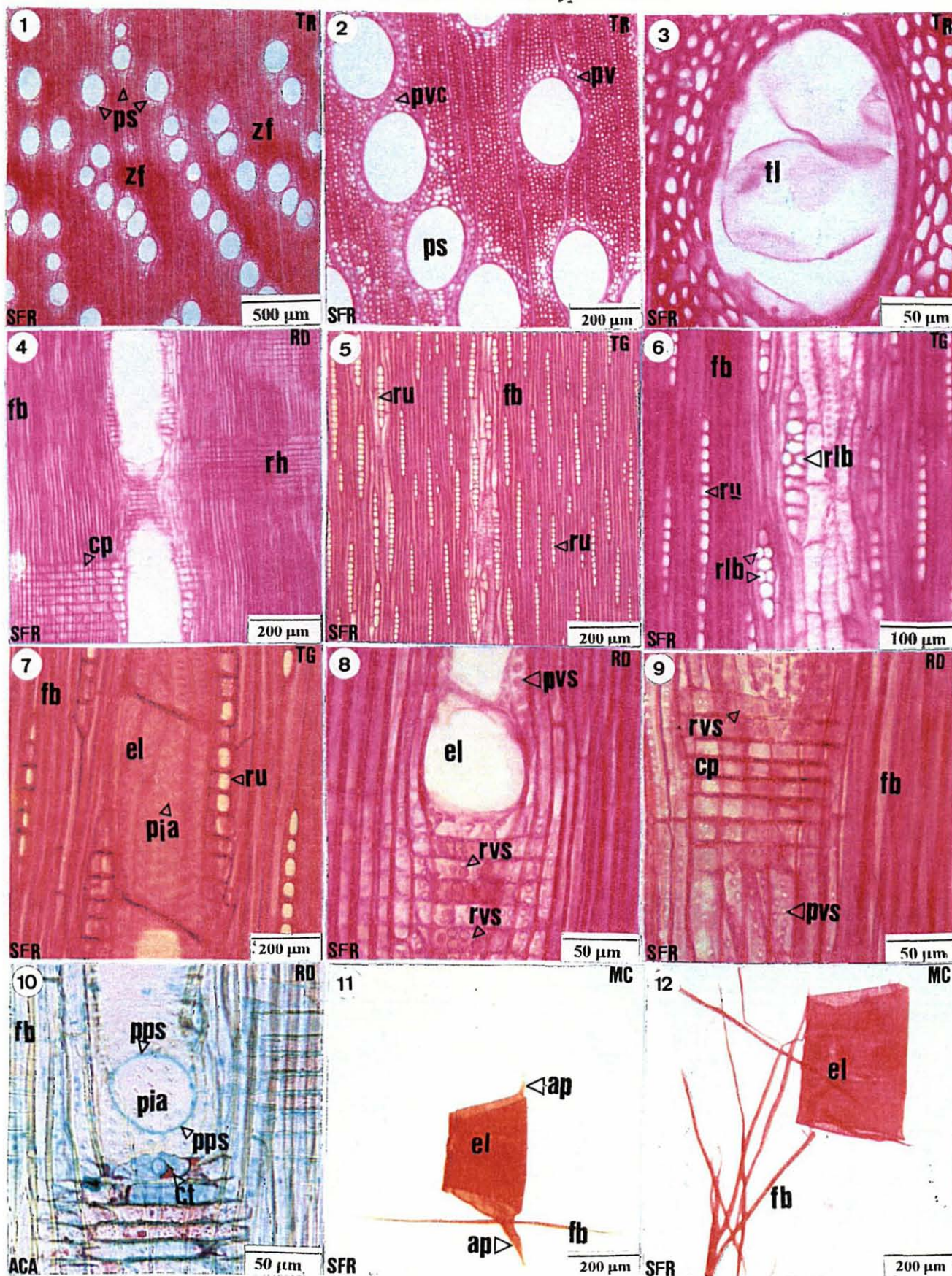
Os elementos do lenho de *Eucalyptus smithii* são representados conforme a figura 11, sendo assim descritos:

Poros distintos a olho nu, de seção ovalada a circular, em arranjo diagonal, pouco frequentes (5-8-10 poros/mm²); distribuição difusa; maioria solitários (fig. 11.1), encontrando-se também poros geminados; conteúdo presente na forma de obstrução por tilas, sendo abundantes no cerne (fig. 11.3).

Elementos vasculares, de curtos a médios (230-373-550 µm), com ou sem apêndices (10-93-200 µm) em uma extremidade ou em ambas (figs. 11.11 e 11.12). Diâmetro tangencial pequeno a médio: 70-126-180 µm (figs. 11.1 e 11.2). Placa de perfuração simples (fig. 11.10).

Pontoações intervasculares areoladas, alternas, ovaladas a circulares com variação de 3-4-5 µm; pontoações raio-vasculares simples, ovais a arredondadas, com 4-8-10 µm; pontoações parênquima-vasculares simples, ovais a arredondadas, com 5-7-8 µm (figs. 11.7 a 11.9).

Parênquima axial indistinto a olho nu, tipicamente paratraqueal vasicêntrico a paratraqueal vasicêntrico confluyente ocorrendo também o parênquima paratraqueal aliforme (fig. 11.2).

FIGURA 11 - FOTOMICROGRAFIAS DO LENHO DE *Eucalyptus smithii*

Poros solitários (ps); parênquima: paratraqueal vasicêntrico (pv) e paratraqueal vasicêntrico confluyente (pvc); tilo (tl); raios homogêneos (rh); raios unisseriados (ru); raios localmente bisseriados (rlb); células procumbentes (cp); conteúdo (ct); fibras (fb); zonas fibrosas (zf); pontoações: intervculares areoladas (pia), raio-vasculares simples (rvs) e parênquimo-vasculares simples (pvs); elemento de vaso (el); placa de perfuração simples (pps); apêndice (ap). Material corado com: Safranina 1% (SFR) ou tripla coloração: Acridina e Crisoidina vermelha + Azul de Astra (ACA). Seções Transversal (TR), Longitudinal Radial (RD) e Longitudinal Tangencial (TG); Macerado (MC).

Raios indistintos a olho nu, homogêneos, formados por células procumbentes (fig. 11.4), unisseriados predominantes e bisseriados localmente presentes (fig. 11.6). Baixos a médios (38-155-300 μm) e com 2-9-17 células de altura; numerosos a muito numerosos (7-10-14/mm linear). Os raios unisseriados apresentaram-se muito finos: 8-9-10 μm (figs. 11.5 e 11.6). Conteúdo presente em alguns raios (fig. 11.10).

Fibras libríformes, com pontoações simples, não septadas, curtas a médias (670-1017-1450 μm), estreitas (8-11-15 μm), com diâmetro do lume de 3-6-10 μm (figs. 11.5, 11.11 e 11.12). As camadas de crescimento, quando evidenciadas, são demarcadas por zonas fibrosas, caracterizadas por um maior espessamento de fibras (fig. 11.1).

Não foram observadas células oleíferas, floema incluso, canais intercelulares ou estruturas semelhantes, apenas bolsas de kino (fig. 5.9).

Os principais caracteres anatômicos do xilema secundário de *Eucalyptus smithii* são comuns nas Mirtáceas e atestam alto grau de evolução, por exemplo, elementos vasculares curtos, placas de perfuração simples, parênquima paratraqueal vasicêntrico, aliforme e confluyente, raios homogêneos e fibras libríformes (DICKISON, 1975; METCALFE e CHALK, 1965; BAILEY e TUPPER, 1918). Os dados obtidos na descrição anatômica de *E. smithii* demonstraram predominância de raios unisseriados e, em menor frequência, raios localmente bisseriados do tipo homogêneo, placa de perfuração simples, presença de tilos nos poros, estando de acordo com as espécies de *Eucalyptus* pesquisadas por ALFONSO (1987). O *E. smithii* possui estrutura anatômica do lenho homogênea, assim como verificado para outras espécies do gênero *Eucalyptus* estudadas por ALFONSO (1987).

Os valores obtidos neste estudo para a relação poros/mm² estão próximos aos encontrados por ALFONSO (1987) para *Eucalyptus saligna* e *E. robusta*, enquanto o diâmetro tangencial dos poros se assemelha ao encontrado para *E. citriodora* e o comprimento dos elementos vasculares ao do *E. deanei*. Em relação a raios por mm linear, o *E. smithii* está próximo do *E. maculata*, *E. saligna* e *E. urophylla*, enquanto a altura dos raios em número de células se aproxima de *E. pilularis*. As pontoações raio-vasculares são semelhantes, em tamanho, às do *E. maculata*, *E. propinqua* e *E. saligna*. O comprimento das fibras do *E. smithii* é equivalente ao do *E. grandis* e *E. urophylla*, podendo ser analisada a possibilidade de utilização da madeira para a produção de papel.

5.1.4 Descrição da Casca

5.1.4.1 Descrição macroscópica da casca

A casca apresenta-se espessa, com cerca de 1,5 cm, sendo persistente da base até um terço ou mais do tronco tornando-se semidecídua a decídua gradualmente até o ápice. Caracteriza-se também pelo gosto e cheiro característicos e pela presença de óleo essencial. A casca persistente apresenta coloração rosada (7.5 YR 8/2 - Munsell) na região interna, junto ao xilema e cinza-amarronzada (7.5 YR 5/2) com partes avermelhadas na região externa até cerca de um terço do tronco (fig. 5.10). A casca decídua apresenta-se cinza-amarronzada (7.5 YR 5/2) a branco-creme na região externa.

5.1.4.2 Descrição microscópica da casca

A casca de *Eucalyptus smithii* é composta pelas seguintes partes: floema não-colapsado, floema colapsado e periderme (figs. 12 e 13):

5.1.4.2.1 Floema não-colapsado

O floema não-colapsado, ou floema interno, apresenta organização uniforme. É constituído pela alternância tangencial em faixas mais ou menos contínuas entre as células vivas e por um grande número de feixes fibrosos (fig. 12.1), cujas fibras apresentam paredes espessadas. Os feixes fibrosos aparecem envolvidos por células parenquimáticas em séries cristalíferas contendo cristais prismáticos. As células vivas têm paredes finas que correspondem a células de parênquima axial, elementos de tubo crivado e células companheiras. Além deste sistema axial, há o sistema radial formado por raios parenquimáticos.

O tecido condutor é formado por tubos crivados, compostos por elementos de tubos crivados (figs. 12.5 e 12.6) abundantes: 34-47-60/mm², dispostos em faixas tangenciais mais ou menos contínuas, na maioria solitários ou arranjados em pequenos grupos de dois, com diâmetro de 25-54-113 µm. Em seção transversal, apresentam forma irregular oval a mais ou menos circular (figs. 12.1 a 12.4). Os elementos de tubos crivados apresentam placas

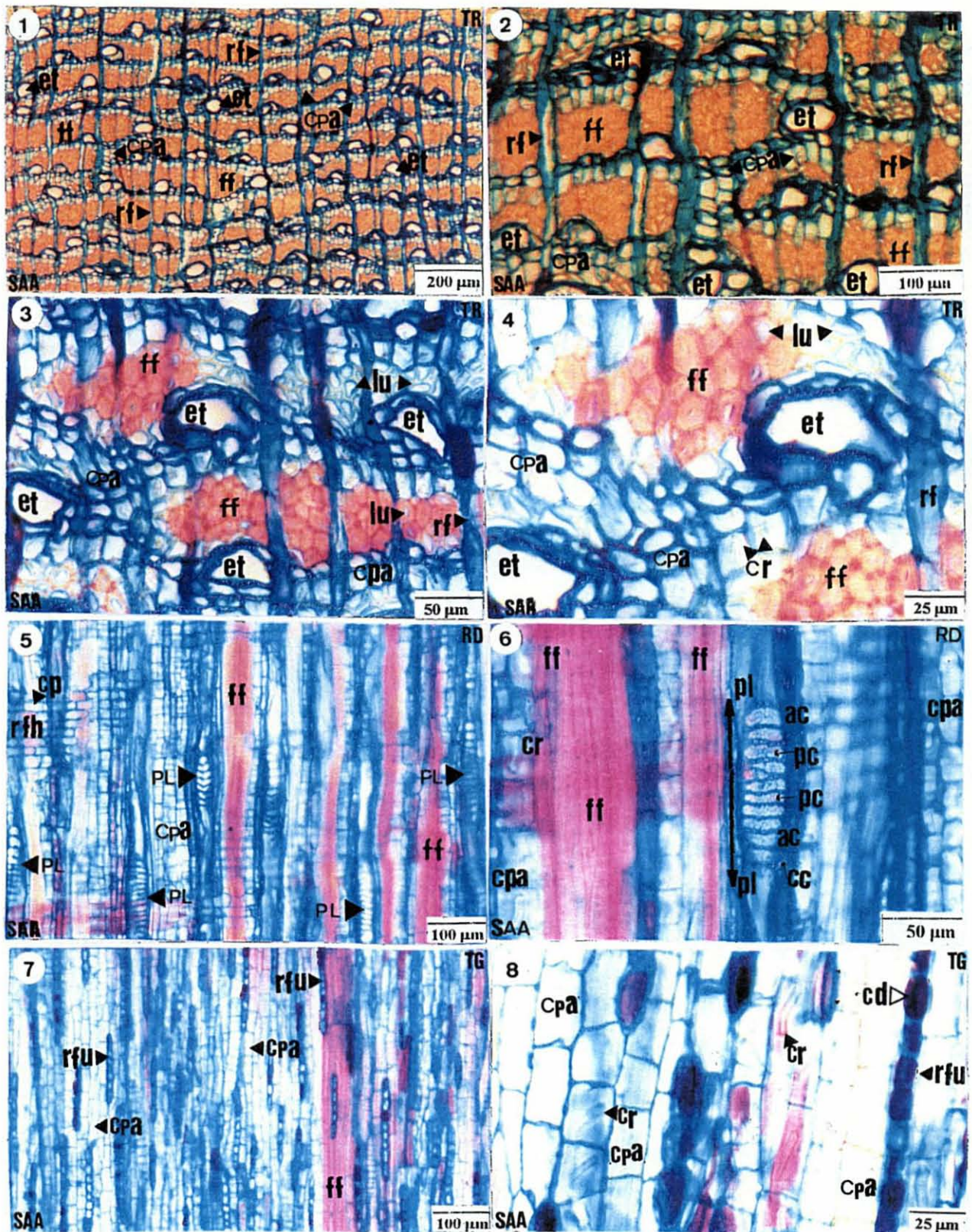
crivadas oblíquas a mais ou menos transversais, compostas por até 18 áreas crivadas (figs. 12.5 e 12.6), com poros-de-crivo abundantes e bem visíveis (fig. 12.6).

O parênquima axial é disposto em faixas tangenciais mais ou menos contínuas envolvendo, em parte, os tubos crivados e os feixes fibrosos (figs. 12.1 a 12.4). Este parênquima é formado por células retangulares com 20-34-55 μm de altura individual e 10-17-25 μm de largura. Há abundantes cristais prismáticos no interior das células do parênquima axial em séries cristalíferas (figs. 12.6 e 12.8) com cristais prismáticos de oxalato de cálcio.

Os raios do floema são unisseriados predominantes (fig. 12.7) e bisseriados localmente presentes, com frequência de 8-14-22 raios/mm linear, altura de 58-154-250 μm ou 2-9-14 células e, largura de 20-38-60 μm . Os raios são homogêneos, sendo compostos por células procumbentes (fig. 12.5). O percurso dos raios é mais ou menos reto e não apresentam dilatação (figs. 12.1 e 12.2). Algumas células dos raios apresentam conteúdo denso (figs. 12.7 e 12.8).

As fibras floemáticas são agrupadas formando grande número de feixes fibrosos (figs. 12.3 e 12.4) dispostas em faixas tangenciais mais ou menos contínuas, entre camadas de parênquima axial e elementos de tubos crivados (figs. 12.1 e 12.2). Estas fibras apresentam 700-1043-1450 μm de comprimento e 8-14-23 μm de diâmetro tangencial, com paredes duplas espessas (3-5-8 μm) e abundantes pontuações (figs. 13.8 e 13.9).

As características observadas no floema não-colapsado da casca do *Eucalyptus smithii* estão de acordo com as encontradas nos estudos sobre eucaliptos de ALFONSO (1987), QUILHÓ e SARDINHA (1995), QUILHÓ e PEREIRA (1997), e QUILHÓ, PEREIRA e RICHTER (1999), concluindo-se que as espécies do gênero *Eucalyptus* seguem mais ou menos um padrão definido de características. ALFONSO (1987) demonstrou, ao estudar espécies de eucaliptos cultivadas no Brasil, a uniformidade do floema interno, funcional, apresentando alternâncias entre as faixas de células vivas (elementos de tubos crivados, células companheiras e células parenquimáticas) e as células mortas (fibras floemáticas), sendo esta alternância bastante evidente em *Eucalyptus citriodora*, por exemplo. As fibras floemáticas são organizadas de maneira a formar faixas tangenciais. O floema não-colapsado homogêneo também é citado no trabalho de QUILHÓ e SARDINHA (1995), que estudaram o floema de *E. globulus*, que apresentou feixes de fibras dispostos alternadamente entre camadas de células de parênquima axial e elementos de tubos crivados, sendo a maioria solitários ou em pequenos grupos de 2.

FIGURA 12 - FOTOMICROGRAFIAS DA CASCA DE *Eucalyptus smithii*: Floema Não-Colapsado

Fibras floemáticas (ff), lume (lu); Raios floemáticos (rf), homogêneos (rfh) e unisseriados (rfu); células procumbentes (cp); conteúdo denso (cd); célula parenquimática (cpa); cristais prismáticos (cr); elemento de tubo crivado (et), placa crivada (pl), área crivada (ac), poros de crivo (pc); célula companheira (cc). Material corado com dupla coloração, Safrablau: Safranina + Azul de Astra (SAA). Seções Transversal (TR), Longitudinal Radial (RD) e Longitudinal Tangencial (TG).

Os elementos crivados, de contorno irregular, distribuídos junto às células parenquimáticas, sendo constituídos por placas crivadas oblíquas, compostas, com cerca de 6 a 25 áreas crivadas foram relatadas por ALFONSO (1987). QUILHÓ e SARDINHA (1995) encontraram placas crivadas inclinadas e compostas de 7 a 20 áreas crivadas para *Eucalyptus globulus*, com abundantes poros-de-crivo. Segundo CUTTER (1978), citado por ALFONSO (1987), os elementos crivados longos, com placas crivadas oblíquas e compostas, são o tipo mais primitivo de elemento crivado, o que foi observado nos eucaliptos estudados por ALFONSO (1987).

Muitos raios floemáticos de *Eucalyptus smithii* apresentaram conteúdo denso, assim como verificado por ALFONSO (1987) em seus estudos sobre eucaliptos.

A presença de cristais de oxalato de cálcio em *Eucalyptus smithii* e em outras espécies é justificada por FRANCESCHI e HORNER (1980) que consideram os cristais como produto do metabolismo, cuja principal função é a remoção do excesso de cálcio do sistema, pois além de estarem associados à defesa da planta contra a herbivoria, servem como reserva de nutrientes de cálcio para a planta. Em estudos sobre o floema de eucaliptos, a presença de cristais prismáticos em células do parênquima axial foi observada por ALFONSO (1987) em *E. citriodora* e *E. maculata*, e QUILHÓ e SARDINHA (1995) em *E. globulus*. Do mesmo modo que estes autores, o *E. smithii* estudado, neste trabalho, apresenta cristais dispostos no parênquima axial em séries cristalíferas envolvendo os feixes fibrosos (fig. 12.4).

Em *Eucalyptus globulus*, os raios floemáticos são semelhantes aos raios do xilema, sendo unisseriados e raramente bisseriados (QUILHÓ; SARDINHA, 1995). Comparando-se as medições realizadas para o *E. smithii*, neste trabalho, em relação aos elementos do floema não-colapsado (próximo ao câmbio) com os elementos do lenho, apesar da diferente natureza dos tecidos, verifica-se que ambos apresentam raios unisseriados e localmente bisseriados presentes, além dos sistemas de condução, representados pelos tubos crivados no floema e vasos no lenho caracterizados, em seção transversal, por serem a maioria solitários ou dispostos em pequenos grupos de dois, entretanto com medidas diferentes. Quanto às medições realizadas, tanto o floema não-colapsado como o lenho apresentam semelhanças em relação ao comprimento das fibras, porém o diâmetro das fibras floemáticas revela-se maior; os raios do floema não-colapsado e do lenho são muito parecidos em relação a quantidade de raios por mm/linear e também a altura destes, medida em micrômetros e em número de células, contudo a largura dos raios floemáticos revela-se maior que a dos raios xilemáticos.

5.1.4.2.2 Floema colapsado

O floema colapsado, ou floema externo, é caracterizado pelo colapso dos elementos de tubos crivados, distorção e dilatação das células do raio, expansão das células parenquimáticas axiais e presença de células esclerificadas.

As células parenquimáticas apresentam contornos irregulares devido a expansões em várias direções, com dimensões maiores quando comparadas com as células adjacentes. As fibras se fazem ainda presentes e parecendo que não passaram por grandes mudanças. As células dos raios sofrem dilatação e apresentam um desvio no seu trajeto (fig. 13.1) nas regiões onde aparecem as células parenquimáticas expandidas.

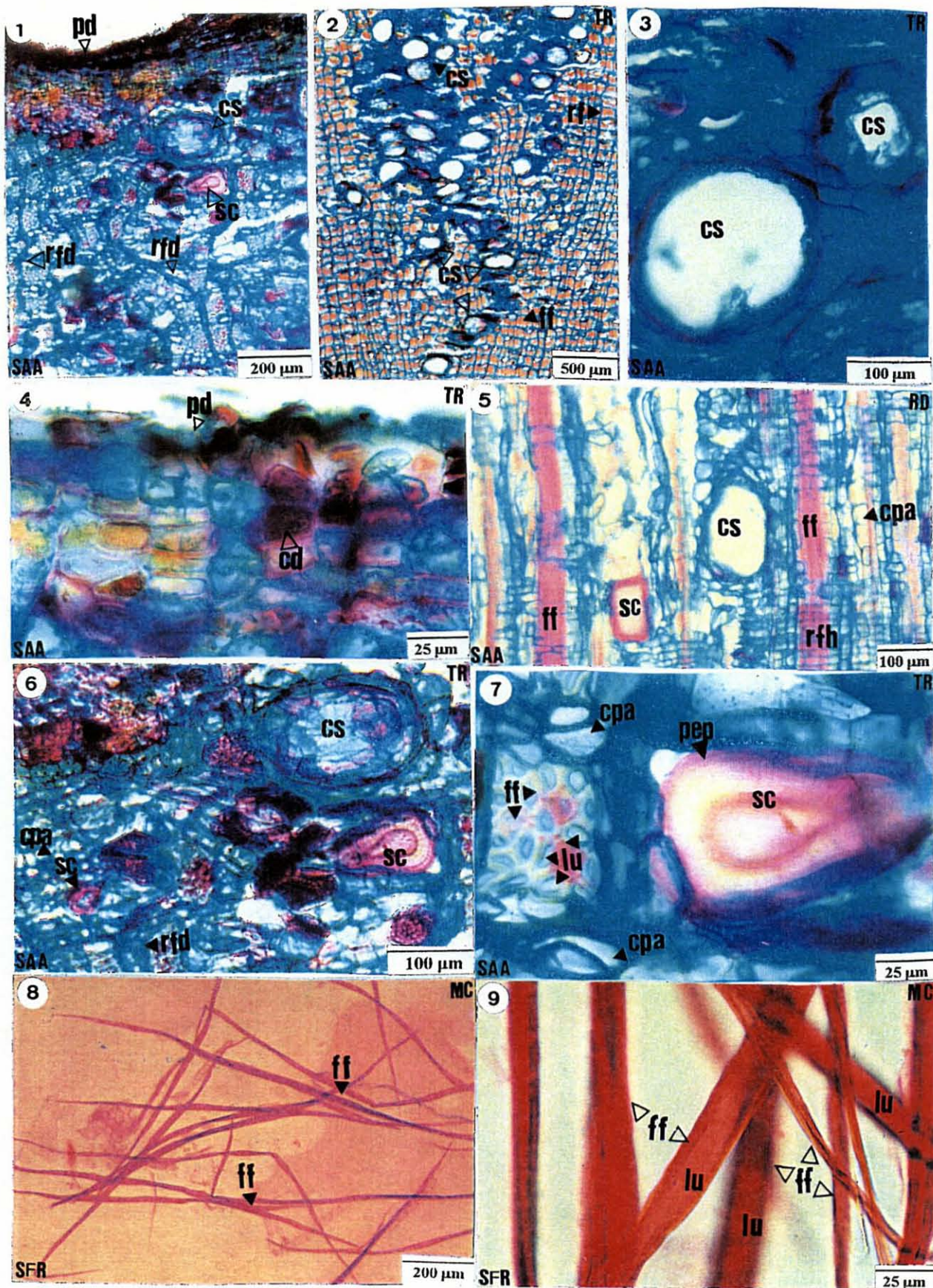
As esclereídes estão distribuídas de forma difusa, do início do floema colapsado até a região próxima à periderme, de considerável dimensão em seção transversal, apresentando parede espessa polilamelada rica em pontoações simples (figs. 13.1 e 13.5 a 13.7).

As cavidades secretoras ocorrem em grande número no floema colapsado, porém próximas umas das outras, de formato mais ou menos esférico, sendo maiores que as demais células vizinhas (figs. 13.2 e 13.3).

As características observadas no floema colapsado de *Eucalyptus smithii*, também foram observadas em outras espécies de eucaliptos, como *E. globulus* e *E. grandis* por ALFONSO (1987), QUILHÓ e SARDINHA (1995), QUILHÓ e PEREIRA (1997), e QUILHÓ, PEREIRA e RICHTER (1999).

O floema colapsado apresenta células de parênquima axial expandidas, maiores que as células adjacentes, desvio no trajeto dos raios, como o observado por ALFONSO (1987) para diversas espécies de eucaliptos, além da presença maior de esclereídes. Segundo esta autora, estas modificações das células parenquimáticas axiais e/ou radiais, aumentam suas dimensões e/ou proliferam a fim de ajustar a casca ao aumento de circunferência do caule. QUILHÓ e SARDINHA (1995) também fazem referência às modificações de células do parênquima axial e desvio do trajeto dos raios no floema colapsado de *Eucalyptus globulus*.

ALFONSO (1987), observa que outra modificação das células parenquimáticas no floema externo é a que leva à formação de esclereídes, que adquirem paredes polilameladas, formando, também as pontoações simples com aréolas. Segundo esta autora, a presença destes elementos em eucaliptos está mais relacionada com a manutenção da estrutura do tecido para evitar o colapso das células.

FIGURA 13 - FOTOMICROGRAFIAS DA CASCA DE *Eucalyptus smithii*: Floema Colapsado e Macerado

Periderme (pd); conteúdo denso (cd); raios floemáticos (rf), homogêneos (rfh) e distortos (rfd); fibras floemáticas (ff) e lume (lu); esclereide (sc) com parede espessa polilamelada (pep); célula parenquimática (cpa); cavidade secretora (cs) Material corado com: Safranina 1% (SFR) ou dupla coloração: Safrablau (Safranina + Azul de Astra: SAA). Seções Transversal (TR) e Longitudinal Radial (RD); Macerado (MC).

Quanto à origem das glândulas oleíferas na casca de eucaliptos, ALFONSO (1987) observou que as glândulas oleíferas em *Eucalyptus dunnii*, não apresentavam células epiteliais junto a elas, verificando-se apenas restos de células desintegradas supondo-se então que fossem de origem lisígena. Porém, CARR e CARR (1970) ao estudarem a formação de glândulas em embriões de várias espécies de *Eucalyptus* relatam a origem esquizógena destas. Segundo CARR e CARR (1969), a presença de glândulas na casca é de importância na taxonomia dos eucaliptos. Estes autores citam uma tabela indicando que o *Eucalyptus smithii* possui glândulas oleíferas nas cascas tanto nos ramos/caules como nas raízes.

Segundo CHATTAWAY (1955), glândulas oleíferas esféricas de origem lisígena podem estar dispersas através do floema de eucaliptos ou agregadas em cunhas de parênquima. Para o *Eucalyptus smithii*, neste trabalho, foram observadas cavidades secretoras próximas, agregando-se em cunhas junto às células de parênquima axial expandidas.

5.1.4.2.3 Periderme

O súber ou felema é composto por células aproximadamente quadrangulares, em seção transversal, onde algumas apresentam paredes delgadas e outras paredes espessas, provavelmente lignificadas. Muitas células do súber possuem conteúdo denso (fig. 13.4), podendo estes conteúdos serem compostos fenólicos, entre eles, os taninos.

5.2 ANÁLISES FITOQUÍMICAS DE *Eucalyptus smithii*

As análises fitoquímicas referentes aos materiais botânicos das folhas adultas verdes e oxidadas, lenho e casca de *Eucalyptus smithii* estão representados no quadro 21.

As partes vegetais analisadas (folhas verdes, folhas oxidadas, lenho e casca) revelaram sabor e odor adocicados e pH neutro ou próximo a este. Quanto aos extrativos, os grupos presentes em todo o material pesquisado foram: glicosídeos flavônicos, glicosídeos saponínicos, esteróides e/ou triterpenos e taninos (quadro 21).

A casca e as folhas verdes foram as partes vegetais com o maior número de grupos extrativos, apresentando glicosídeos flavônicos e saponínicos, esteróides e/ou triterpenos, taninos do tipo hidrolisáveis e condensados, constatando-se também a presença de ácidos fixos.

Os glicosídeos saponínicos podem ser empregados em preparações farmacêuticas e industriais (COSTA, 1987). Os glicosídeos flavônicos podem ter utilização na composição de remédios (EVANS, 1991) e na indústria alimentícia (DI STASI, 1996), sendo que estes compostos são comuns nas folhas de eucaliptos (COSTA, 1987), como foi verificado em *Eucalyptus smithii* neste trabalho.

Observou-se taninos nas partes vegetais analisadas de *Eucalyptus smithii*, confirmando sua presença na família Myrtaceae, como relatado por CASAMADA (1968). ALFONSO (1987) e, QUILHÓ e SARDINHA (1995) também citam a presença de tanino na casca de vários eucaliptos. Os taninos podem apresentar diversas aplicações industriais e farmacêuticas (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997). Em espécies do gênero *Eucalyptus*, os taninos foram encontrados nas cascas de *E. globulus* para o curtimento de couro animal (SUÁZEZ, 1961) e nas folhas de *E. grandis* para a composição de adesivos (MORI et al., 1999).

Na superfície externa da casca persistente de *E. smithii* (fig. 5.10) foram observadas regiões de coloração vermelha-amarronzada. Também foi observada, em menor frequência, a presença destas substâncias taníferas no lenho e nas folhas oxidadas. A casca de *Eucalyptus smithii* apresenta riqueza de substâncias tânicas: 21 a 26% (CUNHA; VALE, 1969). Segundo ROTH (1981), as exsudações das estruturas secretoras em *Eucalyptus* podem cobrir em parte a superfície da casca. Estas exsudações adquirem, geralmente uma coloração vermelha-amarronzada ou marrom escura devido à presença de taninos em *Eucalyptus*. Neste trabalho, foi constatada a presença de taninos tanto nas cascas, como nas folhas verdes.

QUADRO 21 - CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS E EXTRATIVOS PRESENTES NAS FOLHAS ADULTAS VERDES E OXIDADAS, LENHO E CASCA DE *Eucalyptus smithii*

EXTRATOS	Folhas Verdes	Folhas Oxidadas	Lenho	Casca
<u>EXTRATO HIDROÁLCOÓLICO À 20%</u> Características Organolépticas				
Cor	⁽¹⁾ Sépia escura	⁽¹⁾ Sépia escura	⁽¹⁾ Sépia clara	⁽¹⁾ Sépia escura
Odor	Adocicado	Adocicado	Adocicado	Adocicado
Sabor	Adocicado	Adocicado	Adocicado	Adocicado
pH	6,0	6,0 – 7,0	6,0	6,0
Grupos Químicos (Reações)				
Glicosídeos Flavônicos	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva
Glicosídeos Antraquinônicos	Negativa	Positiva	Negativa	Negativa
Esteróides e/ou Triterpenos	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva
Cumarinas	Negativa	Negativa	Negativa	Negativa
Alcalóides	Negativa	Negativa	Negativa	Negativa
<u>EXTRATO AQUOSO</u> Características Organolépticas				
Cor	Chocolate	⁽¹⁾ Sépia escura	Caramelo	Marrom Avermelhada
Odor	Adocicado	Adocicado	Adocicado	Adocicado
Sabor	Adocicado	Adocicado	Adocicado	Adocicado
PH	6,0 e 7,0	6,0 – 7,0	6,0 e 7,0	6,0 e 7,0
Grupos Químicos (Reações)				
Glicosídeos Antociânicos	Negativa	Negativa	Negativa	Negativa
Glicosídeos Saponínicos	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva
Taninos				
- Reações com Sais de Ferro III	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva
- Reação com Acetato de Chumbo	Positiva	Negativa	Positiva	Positiva
- Reação com Cianeto de Potássio	Negativa	Negativa	Negativa	Negativa
- Reação com Ácido Nitroso	Negativa	Negativa	Negativa	Negativa
- Reação com Dicromato de Potássio	Positiva	Negativa	Positiva	Negativa
- Reação com Formol Clorídrico				
- Taninos Hidrolisáveis	Positiva	Negativa	Negativa	Positiva
- Taninos Condensados	Positiva	Negativa	Negativa	Positiva
Aminogrupos	Negativa	Negativa	Negativa	Negativa
Ácidos Fixos	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva

NOTA: (1) Sépia = verde-amarronzado.

5.3 ANÁLISES DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*

5.3.1 Estudos Preliminares do Óleo Essencial de *Eucalyptus smithii*

Os estudos preliminares se basearam no rendimento de óleo essencial em termos de massa absoluta de material úmido a partir da mesma árvore, para verificar e demonstrar a influência do armazenamento do material botânico, seco ao ar, sobre o rendimento em óleo essencial, ou seja, a influência da saída de água e outras alterações do material vegetal com o passar dos dias levando à obtenção de rendimentos expressivamente diferentes e, conseqüentemente a interpretações distintas dificultando comparações com a literatura. Foram estudadas, também a influência da variação de umidade em relação às características físico-químicas e ao teor de 1,8-cineol do óleo essencial.

5.3.1.1 Influência do armazenamento do material vegetal no rendimento de óleo essencial

Os resultados obtidos em termos de massa absoluta de material úmido (quadro 22) demonstraram que o rendimento aumentou gradualmente com a diminuição da umidade do material indicando que a perda de água no vegetal foi muito superior à perda de óleo volátil.

O material botânico começa a perder umidade para o ambiente logo após ser retirado da árvore. No dia de coleta as folhas adultas apresentaram 51,92 % de umidade, aos 10 dias armazenadas ao ar, 19,24 % e, aos 21 dias armazenadas ao ar, 11,85 % aumentando progressivamente o rendimento em óleo essencial em termos de massa absoluta de material úmido. Calculando-se em função da massa absoluta de material úmido, disto resulta, para esta espécie, que a extração efetuada no dia da coleta e em dias posteriores, nos quais o material é exposto e armazenado ao ar, em ambiente fechado, até a destilação, apresentará rendimentos significativamente diferentes (quadro 22), como seria de esperar, conseqüentemente ocasionando resultados e interpretações distintas.

Há diversas conclusões quanto as diferenças de rendimentos de óleo essencial em termos de massa absoluta de material úmido. SANTOS, LABATE e SILVA (1961) afirmaram que o rendimento em óleo essencial passa a ser maior em função do menor teor de água no material vegetal. BIDÁ (1985), ZRIRA e BENJILALI (1991) obtiveram rendimentos maiores de óleo essencial com a diminuição da umidade do material vegetal a ser destilado. XAVIER (1993) relata que o rendimento médio do óleo essencial de *E. citriodora* está intimamente ligado ao teor de umidade do material vegetal, entre outros fatores.

QUADRO 22 - VARIAÇÃO DA UMIDADE E RENDIMENTO DO MATERIAL VEGETAL ADULTO COM O ARMAZENAMENTO AO AR E EM GELADEIRA (FRIO)

Código Amostra	Dias Após a Coleta	Material Adulto para Extração	Umidade (%)	Rendimento (%)	
				Verificado	Base Seca
		a) Folhas Frescas e Armazenadas ao Ar			
P01	0	Folhas frescas	51,92	1,38	2,87
P02	1	Folhas Armazenadas ao Ar	50,25	1,50	3,02
P03	1	Folhas Armazenadas ao Ar	50,25	1,75	3,52
P08	10	Folhas Armazenadas ao Ar	19,24	2,83	3,50
P09	10	Folhas Armazenadas ao Ar	19,24	2,67	3,31
P12	21	Folhas Armazenadas ao Ar	11,85	3,00	3,40
P13	21	Folhas Armazenadas ao Ar	11,85	3,00	3,40
		b) Outros			
P04	2	Folhas Armazenadas em Geladeira	51,44	2,00	4,12
P05	2	Folhas Armazenadas em Geladeira	51,44	1,67	3,44
P06	8	Folhas Armazenadas em Geladeira	53,16	2,00	4,27
P07	8	Folhas Armazenadas em Geladeira	53,16	1,33	2,84
P10	15	Ramos Armazenados ao Ar	21,21	0,30	0,38
P11	15	Ramos Armazenados ao Ar	21,21	0,38	0,48
P14	22	Folhas + Ramos Armazenadas em Geladeira	48,29	1,67	3,23
P15	22	Folhas + Ramos Armazenadas em Geladeira	48,29	1,67	3,23
P17	29	Folhas + Ramos Armazenadas em Geladeira	50,69	1,33	2,70
P16	30	Folhas Mofadas em Saco Plástico	53,13	2,07	4,41
P18	23	Folhas Armazenadas em Geladeira	52,00	1,50	2,90

NOTA: P (material preliminar).

Para que se comparar coerentemente o efeito da secagem do material vegetal no rendimento em óleo essencial, é necessário calcular este rendimento tomando-se como base a massa de material sem a umidade, ou seja, em termos de base seca (massa seca), pois a umidade é perdida muito rapidamente após a coleta alterando as percentagens de rendimento.

Autores como PENFOLD (1965), BOLAND; BROPHY e HOUSE (1991), WANG; WANG e XIE (1997), entre outros, obtiveram o rendimento de óleo essencial a partir de material fresco, recém coletado. Isto aumenta a efetividade de comparações entre os diversos autores, referentes aos respectivos rendimentos para uma mesma espécie possibilitando pesquisar, mantendo-se constante esta característica, outras diferenças de forma mais efetiva, como locais de coleta, sistemas de extração, etc. Outra forma de se calcular o rendimento em casos de armazenamento do material até a destilação, seria ter o controle da umidade inicial da coleta levando em conta a umidade perdida pelo material para a realização dos cálculos.

As variações quantitativas do rendimento em óleo essencial para a mesma espécie, encontradas pelos diversos autores, muitas vezes têm origem em diferentes técnicas de extração e análises (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991) e também pelas diferentes formas de armazenamento ou acondicionamento do material para a extração, coleta em dias de sol ou logo após a chuva, etc.

O armazenamento do material botânico a frio, em geladeira, durante o período de 1 a 29 dias, resultou na preservação da umidade inicial do material recém coletado (quadro 22), equiparando também o rendimento em óleo essencial ao rendimento de material verde. No entanto, observou-se que o armazenamento a frio, em geladeira, acima de 1 mês pode provocar o aparecimento de mofo no material vegetal, o que pode alterar as características do óleo essencial.

Na pesquisa das folhas armazenadas em saco plástico fechado por 30 dias, houve desenvolvimento de fungos em grande quantidade, porém a umidade inicial foi conservada (quadro 22).

Já, o armazenamento do material botânico em baixa temperatura, em “Freezer”, nos estudos sazonais, com o congelamento total do material, houve a preservação das características iniciais de umidade e, conseqüentemente do rendimento de óleo essencial em relação ao material recém coletado e sem causar o desenvolvimento de fungos (mofo).

5.3.1.2 Influência do armazenamento do material vegetal nas características físico-químicas do óleo essencial

As constantes físico-químicas pesquisadas (densidade relativa, índice de refração e solubilidade em etanol) não apresentaram alterações em destaque com o armazenamento do material vegetal ao ar (mudança de umidade) e ao frio, assim como com o material mofado. Estes resultados indicam que as características físico-químicas do óleo essencial de *Eucalyptus smithii* são estáveis, como é observado no quadro 23, porém apesar de manter estas características, quando comparado com o material botânico recém coletado, o material mofado apresentou cheiro forte, desagradável e enjoativo, provavelmente causado pelo fungo ou fermentação.

QUADRO 23 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii* COM O ARMAZENAMENTO E UMIDADE DO MATERIAL

Amostra	Armazenamento do Material Adulto (Dias Após a Coleta)	Umidade do Material (%)	Densidade Relativa		Índice de Refração a 20 °C	Solubilidade em Etanol Volume Etanol/Volume Amostra			
			d ₄ ²⁰	d ₂₀ ²⁰		70° GL	80° GL	90° GL	96,5° GL
a) Folhas Frescas e Armazenadas ao Ar									
P01	Folhas frescas (0)	51,92	0,92680	0,92845	1,4592	2	2	2	1
P02	Folhas armazenadas ao ar (1)	50,25	0,92949	0,93114	1,4620	2	2	2	1
P03	Folhas armazenadas ao ar (1)	50,25	0,92049	0,92212	1,4616	3	2	2	1
P08	Folhas armazenadas ao ar (10)	19,24	0,92644	0,92808	1,4606	2	3	1,5	1
P09	Folhas armazenadas ao ar (10)	19,24	0,92545	0,92709	1,4601	2	3	1	1
P12	Folhas armazenadas ao ar (21)	11,85	0,91387	0,91549	1,4610	2	1	1	1
P13	Folhas armazenadas ao ar (21)	11,85	0,92430	0,92593	1,4616	2	2	1	1
b) Outros									
P04	Folhas armazenadas em geladeira (2)	51,44	0,92468	0,92632	1,4617	2	1	1	1
P05	Folhas armazenadas em geladeira (2)	51,44	0,92168	0,92332	1,4596	3	2	2	1
P06	Folhas armazenadas em geladeira (8)	53,16	0,92142	0,92305	1,4596	2	1	1	1
P07	Folhas armazenadas em geladeira(8)	53,16	0,92690	0,92854	1,4596	3	3	1	1
P10	Ramos ao ar (15)	21,21	0,92677	0,92842	1,4660	1	1	1	1
P11	Ramos ao ar (15)	21,21	0,93117	0,93282	1,4646	3	2	2	1
P14	Folhas +ramos terminais armazenados em geladeira (22)	48,29	0,91853	0,92015	1,4596	3	3	2	1
P15	Folhas+ramos terminais armazenados em geladeira (22)	48,29	0,92188	0,92351	1,4610	2	2	1	1
P18	Folhas armazenados em geladeira (23)	52,00	0,92615	0,92779	1,4600	3	3	2	1
P17	Folhas armazenados em geladeira (23)	50,69	0,92179	0,92342	1,4610	2	2	1	1
P16	Folhas mofadas em saco plástico (30)	53,13	0,92971	0,93135	1,4620	2	2	1	1

5.3.2 Estudos Sazonais do Óleo Essencial de *Eucalyptus smithii* a Partir de Material com a Umidade Inicial Preservada

O material vegetal pesquisado para o estudo sazonal do óleo essencial de *Eucalyptus smithii* refere-se a folhas adultas (F), folhas adultas + ramos terminais (A), folhas adultas + ramos terminais mofados (R: primavera) e folhas juvenis + ramos terminais (R: verão, outono e inverno). A quantidade de ramos terminais no material extraído está expressa no quadro 24.

QUADRO 24 - PERCENTAGEM MÉDIA DE RAMOS TERMINAIS DO MATERIAL EXTRAÍDO

Material	Primavera	Verão	Outono	Inverno
F	0	0	0	0
A	12,58	15,51	13,72	20,18
R	35,68	31,80	35,37	28,72

Os ramos terminais juvenis (R: verão, outono e inverno) juntamente com as folhas adultas + ramos terminais mofados (R: primavera) apresentaram-se mais tenros, antes da destilação, em maior proporção (quadro 24) e, com maior teor de umidade (quadro 25) que o material adulto fresco (A e F).

5.3.2.1 Análise estatística (fatorial 3x4) da variação sazonal da umidade do material a extrair

Procedeu-se à análise estatística (quadros 25 a 27) da umidade do material recém coletado, antes da extração. Procurou-se realizar a extração de óleo essencial do material logo após a coleta ou separá-lo em determinadas quantidades em freezer, procurando manter a umidade inicial do material do dia de coleta para não influenciar no rendimento de óleo essencial nas diferentes estações do ano.

QUADRO 25 - UMIDADE DO MATERIAL RECÉM COLETADO ANTES DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

FATORES ANALISADOS		FATOR B				Média do FATOR A (A, F, R)
FATOR A	Amostras	Primavera	Verão	Outono	Inverno	
A	A1	58,25	51,05	52,60	46,87	52,19
	A2	56,60	55,63	55,77	50,44	54,61
	A3	55,04	52,28	53,42	41,52	50,57
	A4	46,99	52,61	54,04	45,48	49,78
	A5	<u>46,73</u>	<u>55,91</u>	<u>54,00</u>	<u>47,90</u>	<u>51,14</u>
	Média Fator B	52,72	53,50	53,97	46,44	51,66
F	F1	57,43	57,14	56,05	42,81	53,36
	F2	62,76	55,42	55,53	48,64	55,59
	F3	50,80	59,64	54,31	44,71	52,37
	F4	47,69	56,73	54,76	45,66	51,21
	F5	<u>50,03</u>	<u>55,50</u>	<u>53,76</u>	<u>49,30</u>	<u>52,15</u>
	Média Fator B	53,74	56,89	54,88	46,22	52,93
R	R1	⁽¹⁾ 48,04	74,41	71,59	61,96	64,00
	R2	⁽¹⁾ 55,83	71,99	67,71	60,42	63,99
	R3	⁽¹⁾ 61,74	68,44	70,79	66,58	66,89
	R4	⁽¹⁾ 50,35	72,43	77,76	63,08	65,91
	R7	⁽¹⁾ <u>60,10</u>	<u>66,65</u>	<u>69,04</u>	<u>65,73</u>	<u>65,38</u>
	Média Fator B	55,21	70,78	71,38	63,67	65,23

NOTA: (1): Material mofado em saco plástico por mais de 30 dias.

QUADRO 26 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA: umidade do material vegetal (%)

Fonte	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Fator A	2	1124,272**
Fator B	3	271,206**
AB	6	92,553**
Erro	48	13,619
Total	59	

Coefficiente de Variação = 6,52%.

NOTA: ** muito significativo (99 % de probabilidade).

QUADRO 27 - TESTE DMS: umidade do material vegetal (%)

FATOR A: material botânico	FATOR B: estações				Média do Fator A (A, F, R)
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	
A: folhas adultas + ramos	52,72 a	53,50 a	53,97 a	46,44 b	51,66 b
F: folhas adultas	53,74 a	56,89 a	54,88 a	46,22 b	52,93 b
R: folhas juvenis + ramos	⁽¹⁾ 55,22 c	<u>70,78 a</u>	<u>71,38 a</u>	<u>63,55 b</u>	65,23 a
Média do Fator B	53,89 b	60,39 a	60,08 a	52,07 b	

NOTA: (1) Material adulto (folhas+ramos terminais) completamente mofados;
a, b, c: níveis de significância.

Tanto o Fator A (materiais botânicos: A, F e R) como o Fator B (estações do ano) apresentaram diferença significativa ao nível de 99% de probabilidade (quadro 26).

FATOR A (diferentes materiais: A, F e R): não houve diferença significativa de umidade entre as folhas adultas (F) e as folhas adultas + ramos terminais (A), indicando que a presença de apenas 12,58% a 20,18% de ramos terminais (quadro 24) em A, não interferiu no teor de umidade quando comparado às folhas adultas (F) provenientes da mesma árvore, pois os ramos terminais apresentaram umidade próxima destes materiais vegetais (quadro 28).

Comparando-se as folhas juvenis + ramos terminais (R: verão, outono e inverno) com o material adulto mofado (R: primavera) e com o material adulto verde (A e F), o material juvenil (R: verão e R: outono, seguido por R: inverno), apresentou maior teor de umidade do que o material adulto (A e F) de forma muito significativa (quadro 26). O material adulto mofado em saco plástico (R: primavera) apresentou umidade semelhante ao material adulto verde (A e F), conservando a umidade inicial do dia de coleta.

FATOR B (diferentes estações): comparando-se o material adulto (A e F), as estações de primavera, verão e outono apresentaram os maiores teores de umidade, sendo que o inverno, significativamente, apresentou o menor. Verificou-se o mesmo para o material juvenil (R: verão, outono e inverno), com maior umidade no verão e outono, porém menor no inverno.

QUADRO 28 – UMIDADE MÉDIA (%) DOS DIFERENTES MATERIAIS BOTÂNICOS

Material	Primavera	Verão	Outono	Inverno
A: folhas + ramos	52,72	53,50	53,97	46,44
F: folhas	53,74	56,89	54,88	46,22
G1-G5: ramos terminais	50,83	44,89	46,32	45,26

Os valores de umidade, obtidos neste trabalho, referentes às folhas e aos ramos terminais de material adulto, estão próximos das umidades apresentadas por SCHÖNAU e BODEN (1982) que obteve a umidade de 54,3% para galhos e ramos vivos e de 56,5% para as folhas em árvores de 4 a 5 anos de idade.

5.3.2.2 Análise estatística (fatorial 3x4) da variação sazonal dos rendimentos do óleo essencial de *Eucalyptus smithii*, conforme a aparelhagem da norma ABNT

Foram obtidos os rendimentos, segundo a norma ABNT, dos materiais botânicos nas estações de primavera, verão, outono e inverno para investigar a variação sazonal destes (quadro 29) em equipamento de Clevenger modificado e adotado pela ABNT.

QUADRO 29 - RENDIMENTOS SAZONAIS OBTIDOS EM CLEVINGER MODIFICADO ABNT

FATORES ANALISADOS		FATOR B				Média do Fator A (A, F e R)
FATOR A	Amostras	Primavera	Verão	Outono	Inverno	
A	A1	2,10	1,80	2,00	2,00	1,98
	A2	2,10	1,90	1,90	2,40	2,08
	A3	2,40	1,80	2,60	2,70	2,38
	A4	3,10	1,70	2,20	2,70	2,43
	A5	3,20	2,30	2,50	2,60	2,65
	Média do Fator B	2,58	1,90	2,24	2,48	2,30
F	F1	2,30	2,10	2,00	2,40	2,20
	F2	2,50	2,20	2,10	2,20	2,25
	F3	2,60	2,00	2,10	2,80	2,38
	F4	3,50	2,30	2,20	3,00	2,75
	F5	3,30	2,80	2,60	3,10	2,95
	Média do Fator B	2,84	2,28	2,20	2,70	2,51
R	R1	2,00 ⁽¹⁾	2,10 ⁽²⁾	1,80 ⁽²⁾	2,60 ⁽²⁾	2,13
	R2	1,60 ⁽¹⁾	1,90 ⁽²⁾	2,20 ⁽²⁾	3,10 ⁽²⁾	2,20
	R3	1,40 ⁽¹⁾	1,40 ⁽²⁾	1,70 ⁽²⁾	2,30 ⁽²⁾	1,70
	R7	1,60 ⁽¹⁾	1,80 ⁽²⁾	2,80 ⁽²⁾	2,50 ⁽²⁾	2,18
	R8	1,40 ⁽¹⁾	1,80 ⁽²⁾	1,70 ⁽²⁾	2,10 ⁽²⁾	1,75
	Média do Fator B	1,60	1,80	2,04	2,52	1,99

Valores em negrito: médias sazonais utilizadas no gráfico 1.

NOTAS: (1) Folhas adultas + ramos terminais mofados;

(2) Folhas juvenis + ramos terminais, verdes.

QUADRO 30 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA: Rendimentos em Clevenger ABNT (%)

Fonte	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Fator A	2	1,344**
Fator B	3	0,907**
AB	6	0,413**
Erro	48	0,133
Total	59	

Coefficiente de Variação = 16,08%.

NOTA: ** muito significativo (99% de probabilidade).

QUADRO 31 - TESTE DMS: Rendimentos em Clevenger ABNT (%)

FATOR A: material	FATOR B: estações				Média do Fator A (A, F, R)
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	
A: folhas adultas + ramos	2,58 a	1,90 b	2,24 ab	2,48 ab	2,30 a
F: folhas adultas	2,84 a	2,28 ab	2,20 b	2,70 ab	2,50 a
R: folhas juvenis + ramos	⁽¹⁾ 1,60 b	1,80b	2,04 ab	2,52 a	1,99 b
Média do Fator B (estações)	2,34 ab	1,99 b	2,16 b	2,57 a	

NOTA: (1) Material adulto mofado, cujas árvores foram cortadas para estudos de material juvenil.

Ambos os Fatores A (diferentes materiais botânicos: A, F e R) e B (estações do ano) apresentaram diferença significativa ao nível de 99% de probabilidade (quadro 30).

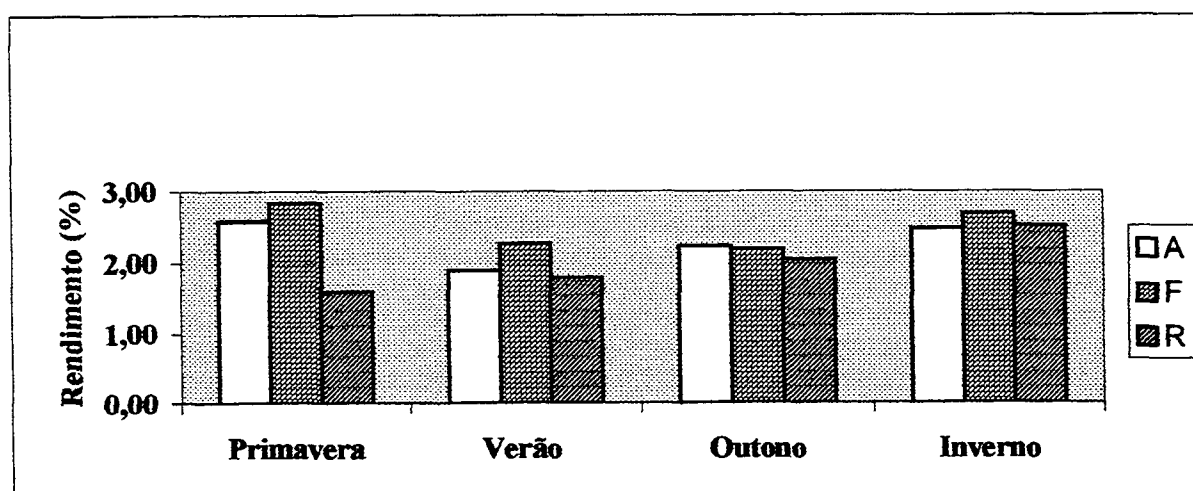
FATOR A (tipo de material: amostras A, F e R): analisando-se os valores médios e o gráfico 1, as folhas adultas (F) e as folhas adultas + ramos terminais (A) apresentaram maiores rendimentos em óleo essencial (quadro 31) do que o material juvenil (R: verão, outono e inverno) e do que as folhas adultas + ramos terminais mofados (R: primavera).

Analisando-se cada material separadamente (quadro 29), os rendimentos mínimo, médio e máximo das folhas adultas (F) foram de 2,00 - 2,51 - 3,50 %; folhas adultas + ramos terminais (A) de 1,70 - 2,30 - 3,20%; folhas juvenis + ramos terminais (R: verão, outono e inverno) de 1,40 - 2,12 - 3,10%; e folhas adultas + ramos terminais com desenvolvimento de fungos ou mofados (R: primavera) de 1,40 - 1,60 - 2,00 %.

FATOR B (variação dos rendimentos em óleo essencial com as estações): houve diferença muito significativa (quadro 30) entre os rendimentos sazonais, nas quais as estações de inverno e primavera apresentaram os maiores rendimentos (quadro 31). Analisando-se o material juvenil, tem-se que das 3 estações pesquisadas, em 2 (outono e inverno) os rendimentos se equiparam aos rendimentos do material adulto (A e F). Importante lembrar que o material juvenil apresentou cerca do dobro de ramos terminais (quadro 24) em relação ao material adulto (A), o que interfere no rendimento em essência, pois os ramos apresentam menor rendimento em óleo essencial (quadro 34).

As estações que apresentaram maior rendimento estão de acordo com WANG; WANG e XIE (1997) que estudaram o *Eucalyptus smithii* no sudoeste da China (tab. 5), nas quais as estações de inverno e primavera apresentaram os maiores rendimentos em óleo essencial e as estações de outono e verão os menores. Os rendimentos (quadro 29) obtidos neste trabalho (1,40 a 3,50%) estão de acordo com os valores de PENFOLD (1965): 2,0%, BOLAND; BROPHY e HOUSE (1991): 2,4 a 3,0%, CHALCAT et al. (1997): 2,50%, WANG, WANG e XIE (1997): 1,92% e, KOKETSU E GONÇALVES (1991): 2,0%.

GRÁFICO 1 – RENDIMENTOS SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii* EM CLEVENGER MODIFICADO CONFORME ABNT



5.3.2.3 Análise estatística (fatorial 4x11) da variação individual sazonal dos rendimentos do óleo essencial de *Eucalyptus smithii* por árvore

Foram efetuadas extrações sazonais de diferentes materiais (A: folhas adultas + ramos terminais, F: folhas adultas e G1-G5: ramos terminais de material adulto) a partir de diferentes árvores e, em 2 sistemas de extração: ABNT e Clevenger Básico (quadro 32) para analisar a variação de rendimentos do óleo essencial entre indivíduos da espécie de *Eucalyptus smithii*.

QUADRO 32 – VARIAÇÃO SAZONAL DOS RENDIMENTOS POR ÁRVORES (%)

FATOR A: Indivíduos	Extrator: Repetições	FATOR B: estações				Média do Fator A
		Primavera	Verão	Outono	Inverno	
A1 (Folhas adultas + ramos terminais da Árvore 1)	ABNT 100g	2,10	1,80	2,00	2,00	1,98
	Clevenger Básico 300g	1,77	1,63	1,70	2,00	1,78
	" " 400g	<u>1,95</u>	<u>1,73</u>	<u>1,80</u>	<u>1,68</u>	<u>1,79</u>
	Média	1,94	1,72	1,83	1,89	1,85
A2 (Folhas adultas + ramos terminais da Árvore 2)	ABNT 100g	2,10	1,90	1,90	2,40	2,08
	Clevenger Básico 300g	1,57	1,77	2,23	2,03	1,90
	" " 400g	<u>1,65</u>	<u>1,73</u>	<u>2,08</u>	<u>2,03</u>	<u>1,87</u>
	Média	1,77	1,80	2,07	2,15	1,95
A3 (Folhas adultas + ramos terminais da Árvore 3)	ABNT 100g	2,40	1,80	2,60	2,70	2,38
	Clevenger Básico 300g	2,40	1,80	2,10	2,30	2,15
	" " 400g	<u>2,08</u>	<u>1,68</u>	<u>1,75</u>	<u>1,98</u>	<u>1,87</u>
	Média	2,29	1,76	2,15	2,33	2,13
A4 (Folhas adultas + ramos terminais da Árvore 4)	ABNT 100g	3,10	1,70	2,20	2,70	2,43
	Clevenger Básico 300g	3,10	1,70	1,73	2,63	2,29
	" " 400g	<u>2,95</u>	<u>1,95</u>	<u>1,53</u>	<u>2,53</u>	<u>2,24</u>
	Média	3,05	1,78	1,82	2,62	2,32
A5 (Folhas adultas + ramos terminais da Árvore 5)	ABNT 100g	3,20	2,30	2,50	2,60	2,65
	Clevenger Básico 300g	2,97	2,23	2,10	2,37	2,42
	" " 400g	<u>3,15</u>	<u>2,43</u>	<u>2,28</u>	<u>2,58</u>	<u>2,61</u>
	Média	3,11	2,32	2,29	2,52	2,56
F1 (Folhas adultas da Árvore 1)	ABNT 100g	2,30	2,10	2,00	2,40	2,20
	Clevenger Básico 300g	1,77	1,90	2,07	2,23	1,99
	" " 400g	<u>2,05</u>	<u>1,95</u>	<u>1,75</u>	<u>1,95</u>	<u>1,93</u>
	Média	2,04	1,98	1,94	2,19	2,04
F2 (Folhas adultas da Árvore 2)	ABNT 100g	2,50	2,20	2,10	2,20	2,25
	Clevenger Básico 300g	2,30	2,07	2,23	2,27	2,22
	" " 400g	<u>2,30</u>	<u>2,08</u>	<u>2,40</u>	<u>2,15</u>	<u>2,23</u>
	Média	2,37	2,11	2,24	2,21	2,23
F3 (Folhas adultas da Árvore 3)	ABNT 100g	2,60	2,00	2,10	2,80	2,38
	Clevenger Básico 300g	2,07	1,80	2,30	2,43	2,15
	" " 400g	<u>2,55</u>	<u>1,93</u>	<u>2,13</u>	<u>2,35</u>	<u>2,24</u>
	Média	2,41	1,91	2,18	2,53	2,25
F4 (Folhas adultas da Árvore 4)	ABNT 100g	3,50	2,30	2,20	3,00	2,75
	Clevenger Básico 300g	3,10	2,23	2,00	2,37	2,43
	" " 400g	<u>2,83</u>	<u>2,35</u>	<u>1,95</u>	<u>2,68</u>	<u>2,45</u>
	Média	3,14	2,29	2,05	2,68	2,54
F5 (Folhas adultas da Árvore 5)	ABNT 100g	3,30	2,80	2,60	3,10	2,95
	Clevenger Básico 300g	3,43	2,86	2,40	2,70	2,85
	" " 400g	<u>3,33</u>	<u>2,88</u>	<u>2,68</u>	<u>2,75</u>	<u>2,91</u>
	Média	3,35	2,85	2,56	2,85	2,90
G1-G5 (Ramos terminais de material adulto: Árvores 1 a 5)	ABNT 100g	0,70	0,60	0,80	0,50	0,65
	Clevenger Básico 300g	0,67	0,50	0,50	0,57	0,56
	" " 400g	<u>0,73</u>	<u>0,53</u>	<u>0,60</u>	<u>0,50</u>	<u>0,59</u>
	Média	0,70	0,54	0,63	0,52	0,60

Valores em negrito: médias utilizadas no gráfico 2.

QUADRO 33 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA: Variação Sazonal dos Rendimentos por Árvores

Fonte	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Fator A	3	1,540**
Fator B	10	4,170**
AB	30	0,171**
Erro	88	0,035
Total	132	

Coeficiente de Variação = 8,83 %.

NOTA: ** muito significativo (99% de probabilidade).

QUADRO 34 - TESTE DE DESVIO MÍNIMO SIGNIFICATIVO (DMS): Variação Sazonal dos Rendimentos por Árvores

FATOR A	FATOR B: Estações				Média do Fator A
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	
A1	1,940 cd	1,720 d	1,833 c	1,893 d	1,847 f
A2	1,773 d	1,800 d	2,070 bc	2,153 cd	1,940 ef
A3	2,293 bc	1,760 d	2,150 bc	2,327 bc	2,132 cde
A4	3,050 a	1,783 d	1,820 c	2,620 ab	2,318 c
A5	3,107 a	2,320 b	2,293 ab	2,517 abc	2,559 b
F1	2,040 bcd	1,983 bcd	1,940 bc	2,193 cd	2,039 def
F2	2,367 b	2,117 bcd	2,243 ab	2,207 cd	2,233 cd
F3	2,407 b	1,910 cd	2,177 abc	2,527 abc	2,255 c
F4	3,143 a	2,293 bc	2,050 bc	2,683 ab	2,543 b
F5	3,353 a	2,847 a	2,560 a	2,850 a	2,902 a
G1-G5	⁽¹⁾ 0,700 e	0,5433 e	0,6333 d	0,5233 e	0,600 g
Média do FATOR B	2,379 a	1,916 c	1,979 c	2,227b	

NOTAS: (1) Material adulto mofado, cujas árvores foram cortadas para estudos de material juvenil (rebrotas).

a, b, c, d, e, f, g: níveis de significância do Teste DMS.

Tanto o material vegetal das árvores individuais representadas pelo Fator A (folhas adultas + ramos terminais A1, A2, A3, A4 e A5; folhas adultas F1, F2, F3, F4 e F5; e ramos terminais de material adulto G1-G5, correspondentes às árvores 1, 2, 3, 4 e 5, como as estações do ano representadas pelo Fator B (primavera, verão, outono e inverno) apresentaram diferença significativa ao nível de 99% de probabilidade (quadro 33). Os tratamentos unidos pela mesma letra alfabética não diferem estatisticamente entre si, portanto os resultados para os rendimentos sazonais por árvores são:

FATOR A (variação dos rendimentos por indivíduos): o rendimento em óleo essencial do indivíduo F5 (folhas adultas da árvore 5) foi superior aos demais, seguidos de A5 (folhas adultas + ramos terminais da árvore 5) e F4 (folhas adultas da árvore 4), demonstrando a superioridade da árvore 5 quanto ao rendimento de óleo essencial. Considerando-se apenas o material vegetal A (folhas adultas + ramos terminais) e F (folhas adultas) das árvores correspondentes, as árvores 1 e 2 foram consideradas inferiores apresentando os menores rendimentos em óleo essencial. Os ramos terminais de material adulto (G1-G5) apresentaram os menores rendimentos (0,50 - 0,65 - 0,80%) conforme aparelhagem ABNT (quadro 32).

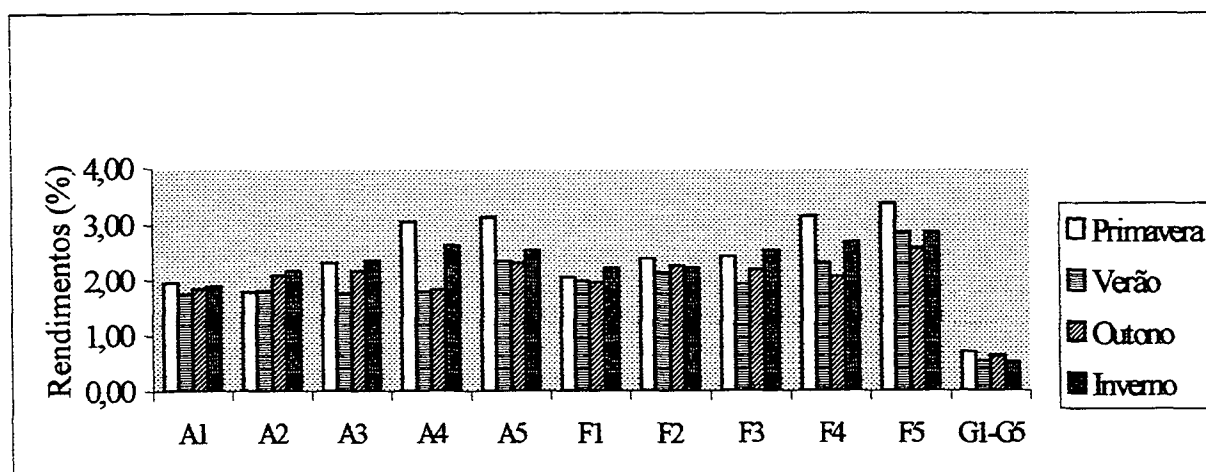
De forma geral, as folhas adultas (F) apresentaram rendimentos de óleo essencial maiores do que as folhas adultas + ramos terminais (A), pois nestas últimas estavam presentes certa percentagem de ramos terminais que possuem menor rendimento de óleo essencial do que as folhas, sendo $F1 > A1$, $F2 > A2$, $F3 > A3$, $F4 > A4$ e $F5 > A5$ conforme quadro 32 e gráfico 2 resultando que, quanto maior a quantidade de ramos no material a ser extraído menor será o rendimento em óleo essencial.

FATOR B (variação dos rendimentos individuais por estação): segundo o DMS-teste (quadro 34), a primavera foi a estação de maior rendimento, seguida pelo inverno e por último, sem diferenças estatísticas verão e outono. Os indivíduos que apresentaram os maiores rendimentos sazonais foram: F5, F4, A5 e A4 (primavera), representando as árvores 4 e 5; F5 (verão); F5, juntamente com A5, F2 e F3 (outono); F5, juntamente com F4, A4, F3 e A5 (inverno). Os ramos terminais (G1-G5) apresentaram os menores rendimentos em todas as estações do ano, seguidos pelos indivíduos A1 e A2. Já, o indivíduo F5 (folhas adultas da árvore 5) foi superior em todas as estações.

A árvore 5 (F5 e A5) com 24,85 m de altura apresentou os maiores rendimentos em óleo essencial; a árvore 1 (F1, e A1) com 25,75 m e a árvore 2 (F2 e A2) com 21,50 m, os menores; a árvore 3 (F3 e A3) com 15,03 m e a árvore 4 (F4 e A4) com 18,00 m apresentaram rendimentos intermediários.

A variação de rendimentos de óleo essencial entre indivíduos de uma mesma espécie e população de eucaliptos é também citada por BOLAND; BROPHY e HOUSE (1991) assim como foi verificado neste trabalho.

GRÁFICO 2 – RENDIMENTOS SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii* POR MATERIAL EXTRAÍDO



5.3.2.4 Análise estatística (fatorial 2x5x3) dos sistemas de extração e das quantidades destiladas do óleo essencial

A análise dos sistemas de extração (ABNT em balão de 1 litro e Clevenger Básico em balão de 3 litros) foi realizada considerando-se 2 materiais vegetais (A: folhas adultas + ramos terminais e F: folhas adultas) e 3 estações do ano: verão, outono e inverno, pois nestas estações os dados relacionando as diversas quantidades utilizadas para a extração do material vegetal (ABNT: 100 g; Clevenger Básico: 100 g, 200 g, 300 g e 400 g) apresentaram-se completos.

QUADRO 35 – VARIAÇÃO DE RENDIMENTOS DOS SISTEMAS DE EXTRAÇÃO E QUANTIDADES DESTILADAS

Amostra	ABNT 100g				Clevenger Básico 100g				Clevenger Básico 200 g			
	Verão	Outono	Inverno	Médias	Verão	Outono	Inverno	Médias	Verão	Outono	Inverno	Médias
A1	1,80	2,00	2,00	1,93	1,20	1,90	1,90	1,67	1,60	1,70	1,60	1,63
A2	1,90	1,90	2,40	2,07	1,60	1,90	2,20	1,90	1,75	2,40	2,15	2,10
A3	1,80	2,60	2,70	2,37	1,10	1,90	2,10	1,70	1,60	1,95	2,35	1,97
A4	1,70	2,20	2,70	2,20	1,70	1,70	2,50	1,97	1,55	1,65	2,60	1,93
A5	2,30	2,50	2,60	2,47	1,90	2,40	2,50	2,27	2,20	2,40	2,60	2,40
Médias	1,90	2,24	2,48	2,21	1,50	1,96	2,24	1,90	1,74	2,02	2,26	2,01
F1	2,10	2,00	2,40	2,17	1,80	2,00	2,00	1,93	1,80	1,65	2,20	1,88
F2	2,20	2,10	2,20	2,17	2,00	1,80	2,20	2,00	2,00	2,25	2,25	2,17
F3	2,00	2,10	2,80	2,30	1,70	2,30	2,30	2,10	1,65	2,50	2,75	2,30
F4	2,30	2,20	3,00	2,50	2,00	2,10	3,50	2,53	2,15	1,80	2,65	2,20
F5	2,80	2,60	3,10	2,83	2,60	2,70	2,60	2,63	2,55	2,51	2,80	2,62
Médias	2,28	2,20	2,70	2,39	2,02	2,18	2,52	2,24	2,03	2,14	2,53	2,23

Amostra	Clevenger Básico 300 g				Clevenger Básico 400 g				ANÁLISE FATORIAL: 2X5X3 Fator A (2): Materiais A e F; Fator B (5): Sistemas de Extração e Quantidades Extraídas: ABNT (100 g); Clevenger Básico: 100 g, 200 g, 300 g e 400 g; Fator C (3): Estações do Ano: Verão, Outono e Inverno.
	Verão	Outono	Inverno	Médias	Verão	Outono	Inverno	Médias	
A1	1,63	1,70	2,00	1,78	1,73	1,80	1,68	1,74	
A2	1,77	2,23	2,03	2,01	1,73	2,08	2,03	1,95	
A3	1,80	2,10	2,30	2,07	1,68	1,75	1,98	1,80	
A4	1,70	1,73	2,63	2,02	1,95	1,53	2,53	2,00	
A5	2,23	2,10	2,37	2,23	2,43	2,28	2,58	2,43	
Médias	1,83	1,97	2,27	2,02	1,90	1,89	2,16	1,98	
F1	1,90	2,07	2,23	2,07	1,95	1,75	1,95	1,88	
F2	2,07	2,23	2,27	2,19	2,08	2,40	2,15	2,21	
F3	1,80	2,30	2,43	2,18	1,93	2,13	2,35	2,14	
F4	2,23	2,00	2,37	2,20	2,35	1,95	2,68	2,33	
F5	2,86	2,40	2,70	2,65	2,88	2,68	2,75	2,77	
Médias	2,17	2,20	2,40	2,26	2,24	2,18	2,38	2,26	

Valores em negrito: médias utilizadas no gráfico 3.

Tanto o Fator A (diferentes materiais vegetais, A: folhas + ramos terminais, e F: folhas) como o Fator C (estações do ano) apresentaram diferenças significativas ao nível de 99% de probabilidade (quadro 36). O Fator B (sistemas de extração: ABNT e Clevenger Básico) não apresentou diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade.

QUADRO 36 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA: sistemas de extração e quantidades destiladas

Fonte	Grans de Liberdade	Quadrado Médio
Fator A	1	2,356**
Fator B	4	0,231ns
AB	4	0,027ns
Fator C	2	2,453**
AC	2	0,158ns
BC	8	0,079ns
ABC	8	0,020ns
Erro	120	0,109
Total	149	

Coefficiente de Variação = 15,36 %.

NOTAS: ** muito significativo (99% de probabilidade);

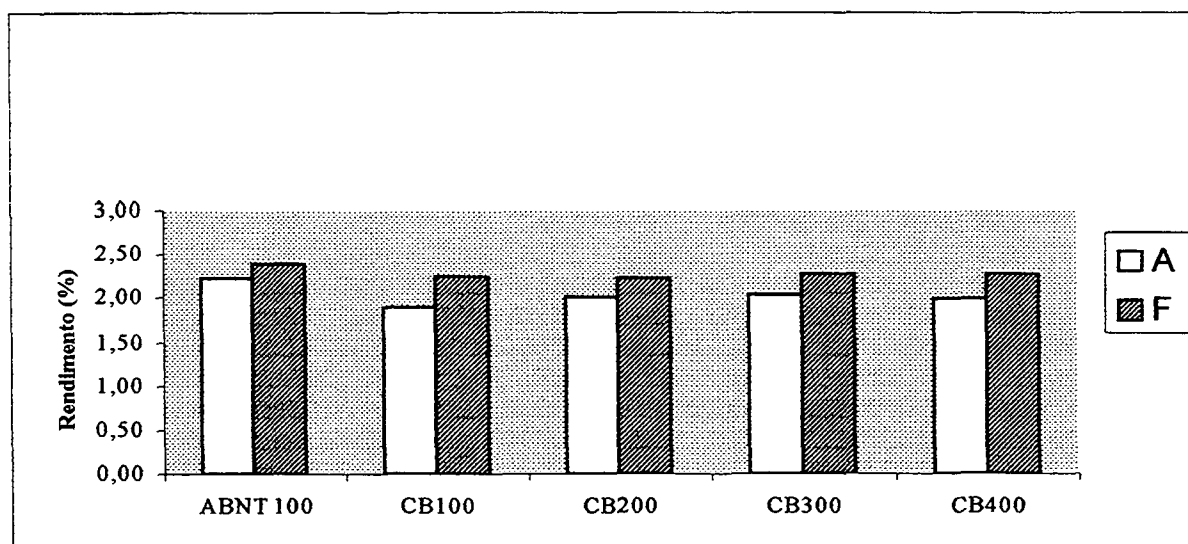
ns = não significativo.

FATOR A (materiais: A e F): as folhas adultas (F) apresentaram rendimentos estatisticamente superiores (quadro 36) aos das folhas adultas + ramos terminais (A);

FATOR B (sistemas de extração ABNT e Clevenger Básico): os sistemas de extração ABNT e Clevenger Básico, para a determinação do rendimento de óleo essencial não foram considerados diferentes significativamente ao nível de 95% de probabilidade (quadro 36), porém, sem considerar a diferença estatística, o sistema ABNT apresentou rendimentos mais altos na maioria das extrações realizadas na primavera, verão e outono (quadro 38).

Quanto ao estudo da influência das diferentes quantidades de material vegetal no rendimento, utilizadas nos balões extratores, estas não apresentaram diferenças estatísticas, ou seja, os resultados ou percentais de rendimento são equivalentes em qualquer quantidade de folhas adultas (F) ou folhas adultas + ramos terminais (A) empregadas na extração (100 g, 200 g, 300 g e 400 g), conforme pode ser observado no gráfico 3.

GRÁFICO 3 – SISTEMAS DE EXTRAÇÃO E QUANTIDADES DESTILADAS



Para que os rendimentos dos sistemas de extração sejam avaliados corretamente, é necessária muita atenção durante o processo de destilação, nas quais deve-se observar a característica de cada extrator, como o controle de temperatura e a quantidade ideal de água para cada quantidade de material a ser extraído para uma destilação uniforme, sem perdas. Por exemplo, no sistema Clevenger Básico (fig. 6.5) em determinado momento, com o aquecimento contínuo há o risco de escape de óleo volátil pela abertura do pequeno condensador “tipo dedo frio” localizado na extremidade superior do aparelho ou a ocorrência de refluxo de bolhas e de material vegetal do balão extrator para o tubo coletor, devendo-se, neste caso, diminuir o aquecimento do aparelho e/ou aumentar o fluxo de água de resfriamento. Já, com o sistema ABNT (fig. 6.1), o risco de perdas de óleo volátil é menor devido ao maior tamanho do condensador e, conseqüentemente apresentando a área de resfriamento do óleo essencial também maior, porém o aquecimento contínuo do balão extrator, pode provocar o refluxo do material vegetal e o borbulho em demasia atrapalhando a retirada ou extração do óleo essencial do material botânico, sendo recomendado um acompanhamento contínuo da destilação.

FATOR C (variações dos rendimentos por estações): comparando-se os rendimentos de óleo essencial nas estações de verão, outono e inverno, conclui-se que a estação de inverno apresentou o maior rendimento (quadro 37).

QUADRO 37 - TESTE DMS: Rendimentos de verão, outono e inverno

FATOR C: estações do ano		
Verão	Outono	Inverno
1,961 b	2,093 b	2,393 a

As diferenças de rendimentos de *Eucalyptus smithii*, citadas na literatura, como nos trabalhos de CHISOWA (1997), na Zâmbia: 7,1%, CHALCAT et al. (1997), em Ruanda: 2,50%, WANG; WANG e XIE (1997), na China: 1,92% e BIGNELL; DUNLOP e BROPHY (1998), na Austrália: 0,73% podem ser atribuídas não somente aos diferentes locais de coleta ou aos diferentes sistemas de extração, mas sim a um conjunto de fatores, como por exemplo, estes acima citados mais a forma como o material é preparado (base peso verde ou seco), folhas puras ou folhas + ramos, tempo de armazenamento e umidade antes da extração, tamanho das partículas do material botânico, etc., conforme observado nesse trabalho.

QUADRO 38 – RESUMO DAS EXTRAÇÕES SAZONAIS CONFORME DIFERENTES SISTEMAS DE EXTRAÇÃO E QUANTIDADES EXTRAÍDAS

Primavera						Verão				
Aparelhos/ Amostras	ABNT	Clevenger Básico				ABNT	Clevenger Básico			
	100 g	100 g	200 g	300 g	400 g	100 g	100 g	200 g	300 g	400 g
A1	2,10	***	***	1,77	1,95	1,80	1,20	1,60	1,63	1,73
A2	2,10	***	***	1,57	1,65	1,90	1,60	1,75	1,77	1,73
A3	2,40	***	***	2,40	2,08	1,80	1,10	1,60	1,80	1,68
A4	3,10	***	***	3,10	2,95	1,70	1,70	1,55	1,70	1,95
A5	3,20	***	***	2,97	3,15	2,30	1,90	2,20	2,23	2,43
F1	2,30	***	***	1,77	2,05	2,10	1,80	1,80	1,90	1,95
F2	2,50	***	***	2,30	2,30	2,20	2,00	2,00	2,07	2,08
F3	2,60	***	***	2,07	2,55	2,00	1,70	1,65	1,80	1,93
F4	3,50	***	***	3,10	2,83	2,30	2,00	2,15	2,23	2,35
F5	3,30	***	***	3,43	3,33	2,80	2,60	2,55	2,86	2,88
G1-G5	0,70	***	***	0,67	0,73	0,60	0,40	0,50	0,50	0,53

Outono						Inverno				
Aparelhos/ Amostras	ABNT	Clevenger Básico				ABNT	Clevenger Básico			
	100 g	100 g	200 g	300 g	400 g	100 g	100 g	200 g	300 g	400 g
A1	2,10	1,90	1,70	1,70	1,80	1,80	1,90	1,60	2,00	1,68
A2	2,10	1,90	2,40	2,23	2,08	1,90	2,20	2,15	2,03	2,03
A3	2,40	1,90	1,95	2,10	1,75	1,80	2,10	2,35	2,30	1,98
A4	3,10	1,70	1,65	1,73	1,53	1,70	2,50	2,60	2,63	2,53
A5	3,20	2,40	2,40	2,10	2,28	2,30	2,50	2,60	2,37	2,58
F1	2,30	2,00	1,65	2,07	1,75	2,10	2,00	2,20	2,23	1,95
F2	2,50	1,80	2,25	2,23	2,40	2,20	2,20	2,25	2,27	2,15
F3	2,60	2,30	2,50	2,30	2,13	2,00	2,30	2,75	2,43	2,35
F4	3,50	2,10	1,80	2,00	1,95	2,30	3,50	2,65	2,37	2,68
F5	3,30	2,70	2,51	2,40	2,68	2,80	2,60	2,80	2,70	2,75
G	0,70	0,70	0,70	0,50	0,60	0,60	0,60	0,60	0,57	0,50

CB: Clevenger Básico com 100 g, 200 g, 300 g e 400 g de material botânico extraído. Valores em negrito = sistema com maior rendimento em óleo essencial nas estações correspondentes.

5.3.2.5 Análise estatística (fatorial 3x4) da variação sazonal das densidades relativas (d_{20}^{20}) do óleo essencial de *Eucalyptus smithii*

Foram obtidas as densidades relativas dos diferentes materiais botânicos: A (folhas adultas + ramos terminais), F (folhas adultas), R: verão, outono e inverno (folhas juvenis + ramos terminais) e, R: primavera (folhas adultas + ramos terminais mofados) para a verificação da influência dos materiais botânicos e das estações do ano (sazonal) sobre estas densidades.

QUADRO 39 – DENSIDADE RELATIVA (d_{20}^{20}) SAZONAL DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*

FATORES ANALISADOS		FATOR B				Média do Fator A
FATOR A	Amostras	Primavera	Verão	Outono	Inverno	
A	A1	0,91905	0,91914	0,91706	0,91621	0,91787
	A2	0,91884	0,91445	0,92175	0,91633	0,91784
	A3	0,91270	0,91148	0,91931	0,91657	0,91502
	A4	0,90967	0,90838	0,91352	0,91515	0,91168
	A5	0,91216	0,91607	0,92015	0,91410	0,91562
	Média	0,91216	0,91390	0,91836	0,91567	0,91560
F	F1	0,91469	0,90816	0,92558	0,91985	0,91707
	F2	0,91825	0,91698	0,91604	0,91648	0,91694
	F3	0,91394	0,91250	0,91357	0,91589	0,91398
	F4	0,91309	0,91344	0,91691	0,92256	0,91650
	F5	0,91029	0,91352	0,91592	0,91559	0,91383
	Média	0,91405	0,91292	0,91760	0,91807	0,91566
R	R1	0,92333	0,92323	0,91747	0,91793	0,92049
	R2	0,91054	0,91831	0,91728	0,91058	0,91418
	R3	0,92044	0,91323	0,91477	0,90779	0,91406
	R7	0,91607	0,91192	0,91663	0,91281	0,91436
	R8	0,91473	0,91409	0,91731	0,91207	0,91455
	Média	0,91702	0,91616	0,91669	0,91224	0,91553

Valores em negrito: médias utilizadas no gráfico 4.

QUADRO 40 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA: densidades relativas (d_{20}^{20})

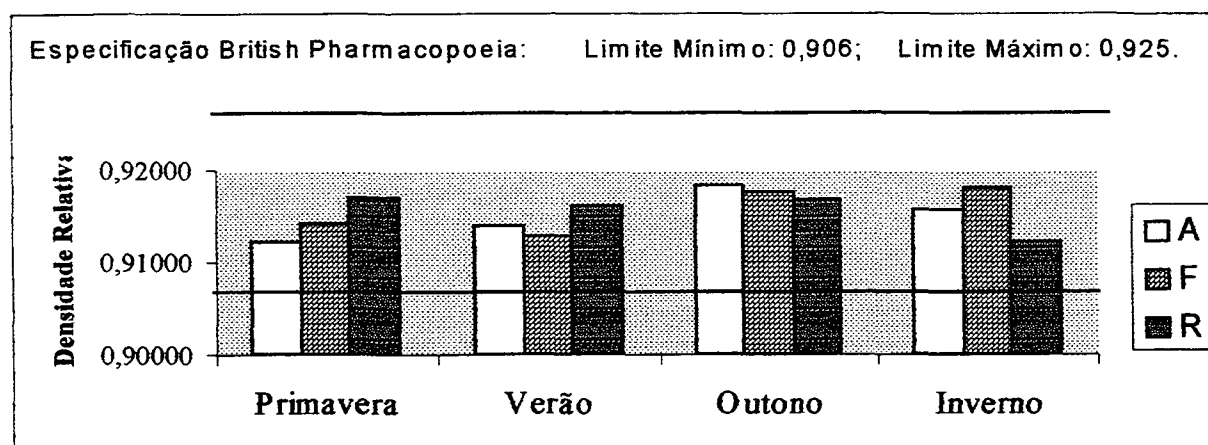
Fonte	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Fator A	2	1124,272 ^{ns}
Fator B	3	271,206 ^{ns}
AB	6	92,553 ^{ns}
Erro	48	13,619
Total	59	

Coefficiente de Variação = 0,39 %;

NOTA: ns = não significativo.

Não houve diferença significativa das densidades relativas (d_{20}^{20}), entre os materiais vegetais: A, F e R (Fator A), como nas estações do ano (Fator B)) conforme quadro 40. Tanto os materiais adultos verdes ou mofado quanto o material juvenil não apresentaram diferenças entre si como é demonstrado no gráfico 4.

GRÁFICO 4 – DENSIDADES RELATIVAS SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*



Os valores médios das densidades relativas (d_{20}^{20}), obtidos neste trabalho foram: 0,91560 (A); 0,91566 (F) e 0,91553 (R), nas quais estão próximos das densidades relativas do óleo essencial de *Eucalyptus smithii* citado pela PHOENIX NATURAL PRODUCTS LTD (2001) com $d_{20}^{20} = 0,918$ a 0,928. Quanto às densidades relativas obtidas, neste trabalho, estas obedecem a maioria das especificações internacionais citadas nos quadros 6 e 7 para óleos essenciais de eucaliptos ricos em 1,8-cineol.

5.3.2.6 Análise estatística (fatorial 3x4) da variação sazonal dos índices de refração do óleo essencial de *Eucalyptus smithii*

Foram obtidos os índices de refrações dos materiais botânicos: A (folhas adultas + ramos terminais), F (folhas adultas), R: verão, outono e inverno (folhas juvenis + ramos terminais) e, R: primavera (folhas adultas + ramos terminais mofados) para a verificação da influência do material vegetal e das estações do ano (sazonal) sobre estes índices de refração.

QUADRO 41 - ÍNDICES DE REFRAÇÃO SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*

FATORES ANALISADOS		FATOR B				
FATOR A	Amostras	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média Anual
A	A1	1,4588	1,4621	1,4594	1,4580	1,4596
	A2	1,4598	1,4626	1,4604	1,4600	1,4607
	A3	1,4588	1,4616	1,4588	1,4590	1,4596
	A4	1,4583	1,4611	1,4589	1,4582	1,4591
	<u>A5</u>	<u>1,4588</u>	<u>1,4626</u>	<u>1,4588</u>	<u>1,4592</u>	<u>1,4599</u>
	Média	1,4589	1,4620	1,4593	1,4589	1,4598
F	F1	1,4578	1,4606	1,4594	1,4576	1,4582
	F2	1,4618	1,4616	1,4612	1,4590	1,4609
	F3	1,4598	1,4616	1,4606	1,4586	1,4602
	F4	1,4578	1,4606	1,4592	1,4570	1,4587
	<u>F5</u>	<u>1,4598</u>	<u>1,4621</u>	<u>1,4588</u>	<u>1,4590</u>	<u>1,4599</u>
	Média	1,4594	1,4613	1,4598	1,4582	1,4597
R	R1	1,4646	1,4666	1,4632	1,4632	1,4644
	R2	1,4622	1,4626	1,4607	1,4602	1,4614
	R3	1,4652	1,4626	1,4612	1,4602	1,4623
	R7	1,4622	1,4616	1,4582	1,4602	1,4606
	<u>R8</u>	<u>1,4632</u>	<u>1,4621</u>	<u>1,4602</u>	<u>1,4612</u>	<u>1,4617</u>
	Média	1,4635	1,4631	1,4607	1,4610	1,4621

Valores em negrito: médias utilizadas no gráfico 5.

QUADRO 42 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA: índices de Refração

Fonte	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Fator A	2	0,00400**
Fator B	3	0,00200*
AB	6	0,00030
Erro	48	0,00014
Total	59	

Coefficiente de Variação = 0,08%.

NOTAS: ** muito significativo (99% de probabilidade);

* significativo (95% de probabilidade).

QUADRO 43 - TESTE DMS: índices de refração

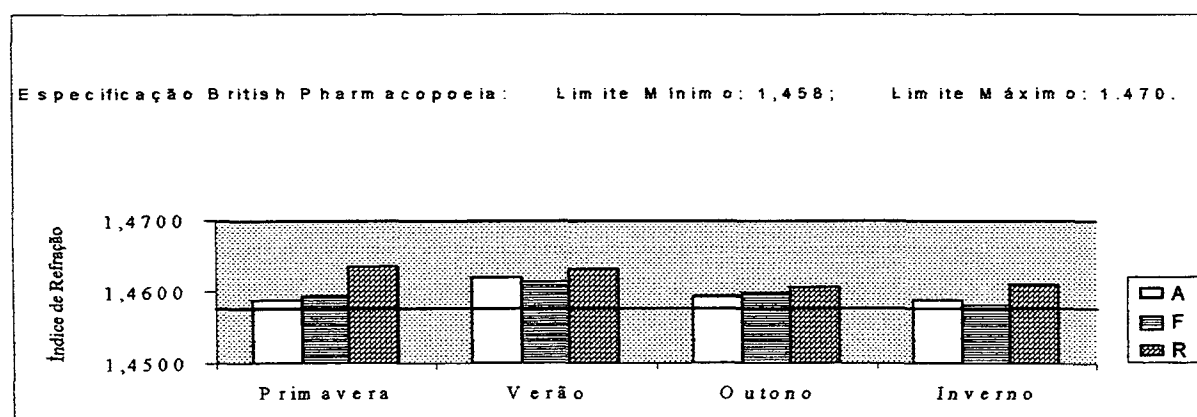
FATOR A	FATOR B: estações				Média do FATOR A (A,F,R)
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	
A: folhas adultas + ramos	14,59 b	14,61 a	14,59 b	14,59 b	14,60 b
F: folhas adultas	14,59 bc	14,61 a	14,60 ab	14,58 c	14,60 b
R: folhas juvenis + ramos	⁽¹⁾ 14,63 a	14,63 a	14,61 b	14,61 b	14,62 a

NOTA: (1): Folhas adultas + ramos, mofados, das árvores cortadas para pesquisa de material juvenil.

Quanto às análises do índice de refração do óleo essencial de *Eucalyptus smithii*, o Fator A (diferentes materiais: A, F e R) apresentou diferença significativa ao nível de 99% de probabilidade e o Fator B (estações do ano) a 95% de probabilidade (quadro 42).

FATOR A (materias: A, F e R): as folhas adultas (F) e as folhas adultas + ramos terminais (A) não apresentaram diferença significativa entre si para o índice de refração (quadro 42), nas quais a presença de ramos terminais não alterou o índice de refração de A em relação a F, porém as folhas juvenis + ramos terminais (R: verão, outono e inverno) e as folhas adultas + ramos terminais mofados (R: primavera) apresentaram índices de refração superiores aos do material adulto verde (F e A) indicando alteração no óleo essencial;

FATOR B (variação por estações): as folhas adultas + ramos terminais (A) apresentaram maior índice de refração no verão, e menor nas demais estações que não apresentaram diferenças entre si (gráfico 5). As folhas adultas (F) apresentaram índice de refração maior no verão e outono e menor na primavera e inverno (quadro 43). As folhas juvenis + ramos terminais apresentaram maior índice de refração no verão, apresentando, nesta estação, valores equivalentes aos das folhas adultas + ramos terminais mofados (R: primavera), ou seja, o material mofado foi equivalente às folhas juvenis + ramos terminais. Disto resulta que a estação de verão foi a que apresentou os maiores índices de refração e a de inverno, os menores considerando-se os diferentes materiais botânicos.

GRÁFICO 5 – ÍNDICES DE REFRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*

Nota: Linhas = Limites da Especificação British Pharmacopoeia.

Os valores médios de índice de refração (quadro 41) apresentados neste trabalho: 1,4598 (A), 1,4597 (F) e 1,4621 (R) estão muito próximos aos índices de refração, de 1,460 a 1,465, citados pela PHOENIX NATURAL PRODUCTS LTD (2001) e por PENFOLD (1965), de 1,4616 a 1,4672, para esta espécie.

Quanto às especificações internacionais referentes aos índices de refração de óleos essenciais de eucaliptos ricos em 1,8-cineol, citadas nos quadros 6 e 7, os valores obtidos neste trabalho estão totalmente dentro das faixas permitidas para esta característica físico-química.

5.3.2.7 Variação sazonal da solubilidade em etanol do óleo essencial de *Eucalyptus smithii*

Foram obtidas as solubilidades sazonais em etanol a partir de diferentes concentrações deste álcool (quadro 44): etanol 70%, 80%, 90% e 96,5% verificando-se assim a variação da solubilidade do óleo essencial de *Eucalyptus smithii* com a concentração em etanol e com as estações do ano para os diferentes materiais vegetais.

QUADRO 44 - SOLUBILIDADE EM ETANOL DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*

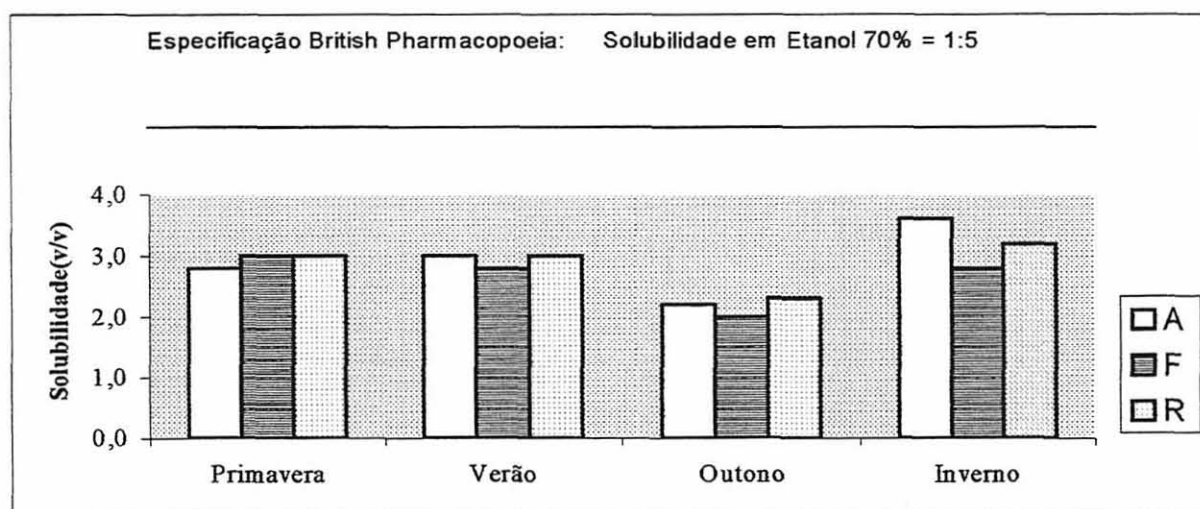
Amostras	Solubilidade: Volume de Etanol para Solubilizar 1 Volume de Óleo Essencial (v/v)															
	Em Etanol 70 %				Em Etanol 80 %				Em Etanol 90 %				Em Etanol 96,5 %			
	Prim	Ver	Out	Inv	Prim	Ver	Out	Inv	Prim	Ver	Out	Inv	Prim	Ver	Out	Inv
A1	3	3	2	4	2	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
A2	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
A3	2	3	2	3	1	2	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1
A4	3	3	2	4	3	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1
A5	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>1,5</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>
Média	2,8	3	2,2	3,6	2,2	2,2	2	1,6	1,7	1,6	1,4	1,6	1	1	1	1
F1	3	4	3	3	3	3	3	2	1	2	2	2	1	1	1	1
F2	3	2	2	3	3	1	2	3	1	1	2	2	1	1	1	1
F3	2	2	2	3	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
F4	4	3	1	2	3	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1
F5	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>
Média	3	2,8	2	2,8	2,8	1,8	2	2	1	1,4	1,8	1,4	1	1	1	1
R1	4	3	1	3	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1
R2	3	3	2	4	3	2	2	3	2	1	1	2	1	1	1	1
R3	2	3	2	3	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
R4	3	3	3	—	3	1	2	—	1	1	2	—	1	1	1	—
R5	4	3	3	—	3	—	2	—	2	—	2	—	1	—	1	—
R6	3	3	2	—	2	1	1	—	2	1	1	—	1	1	1	—
R7	3	3	3	3	3	3	3	2	1	2	2	2	1	1	1	1
R8	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>—</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>—</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>—</u>	<u>1</u>	<u>1</u>
Média	3	3	2,3	3,2	2,5	1,67	1,63	2,2	1,38	1,5	1,4	1,6	1	1	1	1

Valores em negrito: médias utilizadas no gráfico 6.

Verificou-se que o óleo essencial de *Eucalyptus smithii* torna-se mais solúvel com o aumento da concentração de etanol, passando de aproximadamente 3:1 em etanol 70% a 1:1 em etanol 96,5%. Conforme demonstra o gráfico 6, as estações do ano de primavera e verão apresentaram solubilidades em etanol 70% equivalentes, sendo que o óleo essencial apresentou-se mais solúvel no outono (menores valores) e menos solúvel no inverno.

A solubilidade do óleo essencial em etanol a 70% obtida neste trabalho (2 a 4 volumes de etanol 70% para solubilizar 1 volume de óleo essencial) estão de acordo com os valores de *Eucalyptus smithii* cultivado na Guatemala: 2 a 4 volumes de etanol 70% para solubilizar 1 volume de óleo essencial (PENFOLD; 1965) e, concordantes com a maioria das especificações internacionais de solubilidade em etanol 70% estabelecidas para óleos essenciais de eucaliptos ricos em 1,8-cineol (1 volume de óleo essencial para 5 volumes de etanol 70%).

GRÁFICO 6 – SOLUBILIDADES SAZONAIS EM ETANOL 70% DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*



Nota: Linhas = Limites da Especificação British Pharmacopoeia.

5.3.2.8 Rotação óptica do óleo essencial de *Eucalyptus smithii*

Analisou-se a rotação óptica sazonal das folhas adultas (F), folhas adultas + ramos terminais (A), folhas adultas + ramos terminais mofados (Rg: primavera) e folhas juvenis + ramos terminais (Rg: verão) para verificar a variação desta característica físico-química conforme as estações do ano.

QUADRO 45 - ROTAÇÕES ÓPTICAS SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*

Amostra	Rotações Ópticas Sazonais				
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Médias
A1	+5,50°	+4,60°	+5,15°	+4,48°	+4,93°
A2	+5,07°	+5,08°	+4,48°	+4,97°	+4,90°
A3	+5,58°	+4,98°	+4,52°	+3,93°	+4,75°
A4	+5,05°	+5,02°	+4,90°	+3,90°	+4,72°
A5	+4,72°	—	—	+4,23°	+4,48°
Médias	+5,18°	+4,92°	+4,76°	+4,30°	+4,74°
F1	+4,62°	+4,28°	+4,22°	+4,53°	+4,41°
F2	+4,78°	+5,00°	+3,98°	+4,88°	+4,66°
F3	+6,13°	+5,42°	+4,28°	+4,68°	+5,13°
F4	+5,07°	+4,23°	—	+3,43°	+4,24°
F5	+5,10°	+4,87°	+3,61°	+4,45°	+4,51°
Médias	+5,14°	+4,76°	+4,02°	+4,39°	+4,58°
Rg ⁽¹⁾	+4,88°⁽²⁾	+4,95°⁽³⁾	—	—	—

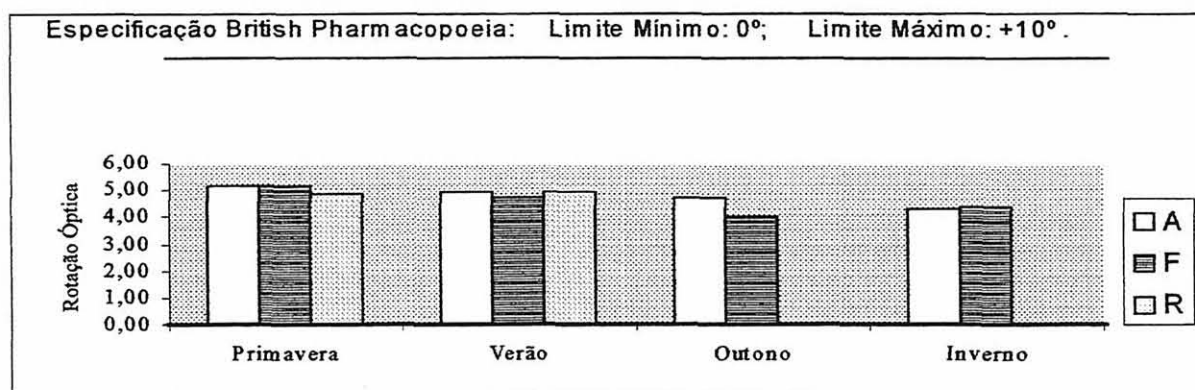
Valores em negrito: médias utilizadas no gráfico 6.

NOTAS: (1) formada pela média de indivíduos "R" de cada estação;

(2) representa as folhas adultas + ramos terminais mofados;

(3) representa as folhas juvenis + ramos terminais verdes.

Apesar de não ter sido feita análise estatística para as rotações ópticas, devido a insuficiência de dados, pois para a realização deste teste, no equipamento disponível, exigia-se a quantidade de 10 ml de óleo essencial, nota-se uma certa homogeneidade quanto ao valor destas (quadro 45) tanto para os diferentes materiais (A, F e R) como para os indivíduos das folhas adultas (F1-F5) e das folhas adultas + ramos terminais (A1-A5). Para as análises representativas do material mofado (Rg: primavera) e do material juvenil (Rg: verão) os valores estão dentro da faixa das rotações ópticas de A e F, ou seja, não houve variação em destaque. Conforme é demonstrado no gráfico 7, as estações de primavera e verão são equivalentes, com valores levemente superiores às estações de outono e inverno.

GRÁFICO 7 – ROTAÇÕES ÓPTICAS SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*

Nota: Linhas = Limites da Especificação British Pharmacopoeia.

A rotação óptica do óleo essencial de *Eucalyptus smithii* caracterizou-se pelo sinal +, ou seja, o óleo essencial é dextrógiro, pois a rotação do plano de polarização é para a direita, em todos os materiais botânicos pesquisados neste trabalho. Os dados obtidos estão de acordo com os citados pela PHOENIX NATURAL PRODUCTS LTD (2001): + 4,5° a + 5,4° e PENFOLD (1965): + 4,7° a + 6,4° e dentro das faixas determinadas pelas especificações das rotações ópticas para óleos essenciais de eucaliptos ricos em 1,8-cineol.

5.3.3 Análise das Frações do Óleo Essencial de *Eucalyptus smithii*

Foram realizados estudos das frações obtidas do óleo essencial de *Eucalyptus smithii* a partir de óleo essencial coletado em diferentes tempos de destilação, para acompanhar a variação do óleo essencial com o prolongamento da extração.

5.3.3.1 Extração e coloração das frações sazonais

Pesquisando-se 4 frações das estações de verão, outono e inverno, conforme quadro 46 (FRA1: fração de 0 a 10 minutos, FRA2: fração de 10 a 40 minutos, FRA3: fração de 40 minutos a 1 hora e 40 minutos e FRA4: fração de 1 hora e 40 minutos a 5 horas) observa-se que, no início da destilação, há grande retirada de óleo essencial do material vegetal mantendo-se neste nível até os 40 minutos de extração, diminuindo-se consideravelmente até a última fração FRA4o.

Verificou-se também a mudança de coloração do óleo essencial com o tempo de extração passando de branco opaco na primeira fração (FRA1), levemente amarelado na segunda fração (FRA2), amarelado na terceira fração (FRA3) e amarelo esverdeado na última fração (FRA4) conforme quadro 46. O óleo essencial extraído como um todo, apresentou a coloração final amarelada, estando de acordo com a coloração clara a amarelo pálido citada pela PHOENIX NATURAL PRODUCTS LTD (2001).

QUADRO 46 - EXTRAÇÃO E COLORAÇÕES DAS FRAÇÕES SAZONAIS DO ÓLEO
ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS ADULTAS DE *Eucalyptus smithii*

A) VOLUMES EXTRAÍDOS EM FUNÇÃO DAS FRAÇÕES SAZONAIS															
Amostra	FRA1: 0 - 10 minutos (ml)			FRA2: 10 minutos a 40 minutos (ml)			FRA3: 40 minutos a 1 hora e 40 minutos (ml)			FRA4: 1 hora e 40 minutos a 5 horas (ml)			Total: 5 horas (ml)		
	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv
A1	3,00	1,60	3,10	2,70	3,50	2,10	0,80	1,40	0,90	0,40	0,70	0,60	6,90	7,20	6,70
A2	2,60	2,30	3,10	2,40	3,20	2,80	1,20	1,90	1,30	0,70	0,90	0,90	6,90	8,30	8,10
A3	2,70	3,20	2,90	2,30	2,40	3,10	1,20	1,00	1,00	0,70	0,40	0,90	6,70	7,00	7,90
A4	3,10	2,70	3,90	3,00	2,00	4,20	1,10	0,90	1,10	0,60	0,50	0,90	7,80	6,10	10,10
A5	3,70	2,40	3,10	4,00	4,00	4,00	1,20	1,80	1,90	0,80	0,90	1,30	9,70	9,10	10,30
Média	3,02	2,44	3,22	2,88	3,02	3,24	1,10	1,40	1,24	0,64	0,68	0,92	7,60	7,54	8,62
F1	2,40	2,70	2,80	2,80	2,50	2,90	1,90	1,00	1,40	0,70	0,80	0,70	7,80	7,00	7,80
F2	2,20	3,00	3,20	2,70	3,40	2,90	2,30	2,10	1,60	1,10	1,10	0,90	8,30	9,60	8,60
F3	3,10	3,20	3,00	2,40	3,50	3,60	1,50	1,30	1,90	0,70	0,50	0,90	7,70	8,50	9,40
F4	4,10	2,70	4,00	3,30	2,80	4,00	1,40	1,50	1,80	0,60	0,80	0,90	9,40	7,80	10,70
F5	3,90	3,00	3,00	4,70	4,20	4,50	2,00	2,50	2,30	0,90	1,00	1,20	11,50	10,70	11,00
Média	3,14	2,92	3,20	3,18	3,28	3,58	1,82	1,68	1,80	0,80	0,84	0,92	8,94	8,72	9,50
B) COLORAÇÕES DAS FRAÇÕES SAZONAIS															
Amostra	FRA1: 0 a 10 minutos			FRA2: 10 minutos a 40 minutos			FRA3: 40 minutos a 1 hora e 40 minutos			FRA4: 1 hora e 40 minutos a 5 horas					
A1	Branco Opaco			Levemente Amarelado			Amarelado			Amarelo Esverdeado					
A2	Branco Opaco			Levemente Amarelado			Amarelado			Amarelo Esverdeado					
A3	Branco Opaco			Levemente Amarelado			Amarelado			Amarelo Esverdeado					
A4	Branco Opaco			Levemente Amarelado			Amarelado			Amarelo Esverdeado					
A5	Branco Opaco			Levemente Amarelado			Amarelado			Amarelo Esverdeado					
F1	Transparente			Levemente Amarelado			Amarelado			Amarelo Esverdeado					
F2	Branco Opaco			Levemente Amarelado			Amarelado			Amarelo Esverdeado					
F3	Branco Opaco			Levemente Amarelado			Amarelado			Amarelo Esverdeado					
F4	Branco Opaco			Levemente Amarelado			Amarelado			Amarelo Esverdeado					
F5	Branco Opaco			Levemente Amarelado			Amarelado			Amarelo Esverdeado					

5.3.3.2 Características físico-químicas das frações sazonais do óleo essencial

De acordo com os dados obtidos, observa-se uma tendência à diminuição da densidade relativa do óleo essencial com o tempo de extração (quadro 47) assim como um aumento dos índices de refração. Quanto à solubilidade em etanol (quadro 48), foi necessário maior quantidade de etanol 70% para solubilizar o óleo essencial de frações com tempos mais prolongados de extração, ou seja, o óleo essencial foi progressivamente menos solúvel da primeira até a terceira fração e muito menos solúvel na última fração (quadro 48). O aumento da concentração de etanol tornou o óleo essencial mais solúvel, alcançando a proporção de 1:1 em etanol 96,5% (quadro 48) para todos os materiais vegetais pesquisados.

MOLLAN et al. (1965) obteve frações destiladas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos do óleo essencial de *Eucalyptus citriodora*, cujo principal componente é o citronelal, por

arraste a vapor e com pressão. Observou que, com as frações de tempos mais prolongados as características como densidade relativa, índice de refração e a rotação óptica aumentaram, enquanto que a solubilidade em álcool 70% e o teor de citronelal diminuíram. Segundo este autor, o óleo essencial de frações prolongadas contém compostos com alto ponto de ebulição.

QUADRO 47 - DENSIDADES RELATIVAS E ÍNDICES DE REFRAÇÃO DAS FRAÇÕES DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS ADULTAS DE *Eucalyptus smithii*

Características Físico-químicas	Densidades Relativas						Índices de Refração a 20 °C		
	d_4^{20}			d_{20}^{20}			Verão	Outono	Inverno
	Verão	Outono	Inverno	Verão	Outono	Inverno			
A1-A5									
FRAÇÃO01: 0 a 10 minutos	0,91285	0,91967	0,91465	0,9144 6	0,92130	0,92451	1,4576	1,4572	1,4586
FRAÇÃO02: 10 minutos a 40 minutos	0,90820	0,91983	0,90889	0,9098 1	0,92146	0,91050	1,4596	1,4572	1,4576
FRAÇÃO03: 40 minutos a 1 hora e 40 minutos	0,90194	0,90740	0,89966	0,9035 4	0,90901	0,90126	1,4626	1,4597	1,4626
FRAÇÃO04: 1 hora e 40 minutos a 5 horas	0,90558	0,89754	0,90938	0,9071 9	0,89913	0,91099	1,4756	1,4692	1,4706
F1-F5									
FRAÇÃO01: 0 a 10 minutos	0,91593	0,91809	0,91799	0,9175 5	0,91971	0,91962	1,4576	1,4572	1,4572
FRAÇÃO02: 10 minutos a 40 minutos	0,90414	0,91895	0,91930	0,9057 4	0,92058	0,92093	1,4576	1,4572	1,4576
FRAÇÃO03: 40 minutos a 1 hora e 40 minutos	0,90368	0,90681	0,91360	0,9052 8	0,90842	0,91522	1,4606	1,4597	1,4596
FRAÇÃO04: 1 hora e 40 minutos a 5 horas	0,90419	0,89559	0,89595	0,9057 9	0,89718	0,89754	1,4756	1,4687	1,4706

As três primeiras frações (FRA1, FRA2 e FRA3) para densidade relativa d_{20}^{20} obedecem as especificações internacionais, citadas nos quadros 6 e 7, para óleos essenciais de eucaliptos ricos em 1,8-cineol. Os índices de refração obedecem ou ficam muito próximos de suas especificações para todas as frações.

QUADRO 48 – SOLUBILIDADE EM ETANOL A DIVERSAS CONCENTRAÇÕES DAS FRAÇÕES SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS ADULTAS DE *Eucalyptus smithii*

FRAÇÕES	Solubilidade em Etanol (Volume de Etanol/Volume de Óleo Essencial)											
	Em Etanol 70° GL			Em Etanol 80° GL			Em Etanol 90° GL			Em Etanol 96,5° GL		
	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv
A1-A5												
FRAÇÃO01: 0 a 10 minutos	4	4	3	2	3	2	3	2	2	1	1	1
FRAÇÃO02: 10 minutos a 40 minutos	6	4	2	4	2	1	2,5	2	2	1	1	1
FRAÇÃO03: 40 minutos a 1 hora e 40 minutos	8	6	3	3	4	1	2	2	2	1	1	1
FRAÇÃO04: 1 hora e 40 minutos a 5 horas	36	56	72	12	20	48	2	2	3	1,5	1	1,5
F1 – F5												
FRAÇÃO01: 0 a 10 minutos	6	5	4	4	3	2	3	2	2	1	1	1
FRAÇÃO02: 10 minutos a 40 minutos	6	4	3	4	4	2	2,5	2	2	1	1	1
FRAÇÃO03: 40 minutos a 1 hora e 40 minutos	12	7	4	10	5	3	2	2	2	1	1	1
FRAÇÃO04: 1 hora e 40 minutos a 5 horas	45	84	72	16	16	40	2,5	2,5	3	1	1	1

A solubilidade em etanol 70% obedece as especificações internacionais até a segunda fração (FRA1 e FRA2), na terceira fração (FRA3) estes valores se distanciam um pouco e na quarta e última fração (FRA4) a solubilidade em etanol 70% se distancia muito do que é recomendado.

Foram obtidas rotações ópticas somente das duas primeiras frações: FRA1 e FRA2 (apênd. 6), devido a necessidade de 10 ml de óleo essencial para a realização deste teste. Estas duas frações apresentaram rotações ópticas dentro das especificações internacionais.

5.3.3.3 Variação da densidade relativa com a temperatura do óleo essencial de *Eucalyptus smithii*

As frações de inverno, das amostras representativas dos indivíduos das folhas adultas (F1-F5)i e das folhas adultas + ramos terminais (A1-A5)i, do óleo essencial de *Eucalyptus smithii* foram submetidas a diferentes temperaturas (10, 20 e 30 °C) mantendo-se constante a temperatura da água a 20 °C (quadro 49), para se verificar a influência da temperatura do óleo essencial na densidade relativa.

Observou-se que, independentemente da temperatura do óleo essencial de *Eucalyptus smithii*, as densidades relativas decresceram com o tempo de extração, ou seja, com o avanço da destilação (quadro 49). Submetendo-se o óleo essencial a diferentes temperaturas (10, 20 e 30 °C) demonstrou-se que, na maioria dos casos, as densidades relativas diminuíram com o aumento da temperatura do óleo essencial.

Mantendo-se a temperatura do óleo essencial a 20 °C e variando a temperatura da água de 20 °C a 4 °C, observa-se que a densidade relativa diminuiu juntamente com a temperatura da água, ou seja, ela foi menor a 4 °C do que a 20 °C (quadro 47).

QUADRO 49 – VARIAÇÃO DAS DENSIDADES RELATIVAS DAS FRAÇÕES DE INVERNO A DIFERENTES TEMPERATURAS DO ÓLEO ESSENCIAL

FRAÇÕES	d_{20}^{10}	d_{20}^{20}	d_{20}^{30}
(A1-A5)i			
0 – 10 minutos	0,92224	0,91627	0,91873
10 minutos - 40 minutos	0,92370	0,91050	0,90729
40 minutos - 1 hora e 40 minutos	0,91881	0,90126	0,90542
1 hora e 40 minutos – 5 horas	0,89197	0,91099	0,89439
(F1-F5)i			
0 – 10 minutos	0,92674	0,91962	0,92170
10 minutos - 40 minutos	0,92310	0,92093	0,91265
40 minutos - 1 hora e 40 minutos	0,91475	0,91522	0,90472
1 hora e 40 minutos – 5 horas	0,90397	0,89754	0,88239

Densidades Relativas das Frações de Inverno: óleo essencial a diferentes temperaturas mantendo-se a água a 20 °C, onde: d_{20}^{10} (óleo essencial a 10 °C); d_{20}^{20} (óleo essencial a 20 °C); d_{20}^{30} (óleo essencial a 30 °C).

5.3.3.4 Evolução das extrações por tempos de destilação

Foram observados os rendimentos acumulativos desde os primeiros 10 minutos de extração a hora em hora até o final da extração (1, 2, 3, 4 e 5 horas) para analisar a evolução dos rendimentos do óleo essencial de *Eucalyptus smithii* (quadros 50 e 51) a partir de diferentes quantidades de material botânico destilado.

O percentual extraído de óleo essencial (quadro 51) foi equivalente nas quantidades de 100 g, 200 g, 300 g ou 400 g do material botânico, nos diferentes tempos de destilação e nos 2 sistemas de destilação pesquisados: ABNT e Clevenger Básico.

Conforme gráficos 8 a 11, nota-se que a maior parte do óleo essencial do material botânico é extraída rapidamente, no aquecimento inicial dos extratores, onde cerca de 40% da essência foi destilada nos primeiros 10 minutos (A: 39,6%, F: 40,02%, R: 49,53% e G: 29,34%), cerca de 81% acumulados até a primeira hora de destilação (A: 82,82%, F: 83,52%, R: 87,30% e G: 70,64%), e 92,11% acumulados até a segunda hora (A: 92,34%, F: 92,18%, R: 94,40% e G: 89,50%) conforme quadro 51.

O ritmo de extração diminuiu bastante após a segunda hora de destilação (quadro 51), onde na terceira alcançou 96,98% acumulados (A: 96,34%, F: 96,40%, R: 97,30% e G: 97,86%); 98,28% acumulados na quarta hora (A: 99,02%, F: 98,94%, R: 97,30% e G: 97,86%); e, por último, na quinta hora: 100% (final da extração). Nota-se que o material juvenil é extraído de forma mais rápida do que o material adulto até a terceira hora de extração se equivalendo a partir deste ponto em diante ao material adulto (quadro 51). Já, o óleo essencial dos ramos terminais (G1 – G5) é extraído mais vagarosamente até a segunda hora de destilação em relação às folhas adultas (F) e folhas adultas + ramos terminais (A) que se apresentaram equivalentes entre si quanto ao percentual extraído nos diferentes tempos de destilação.

MOLLAN et al. (1965), estudando frações destiladas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos a partir de folhas e ramos de *Eucalyptus citriodora*, obtiveram maior rendimento na fração de 30 minutos (83,3 a 95,7%). Alguns produtores destilam as suas plantas durante longo tempo com desperdício de energia e de mão-de-obra e, em certos casos, com prejuízo para a qualidade do óleo essencial; outros destilam durante um tempo insuficiente, decorrendo em perdas, às vezes sensíveis no rendimento em óleo essencial.

QUADRO 50 - RENDIMENTOS SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*: por tempo de destilação a partir de diferentes quantidades de material

Tempo		10 minutos					1 Hora					2 Horas					3 Horas					4 Horas					5 Horas				
Sistema		ABNT	Clevenger Básico				ABNT	Clevenger Básico				ABNT	Clevenger Básico				ABNT	Clevenger Básico				ABNT	Clevenger Básico				ABNT	Clevenger Básico			
Peso (g)		100	100	200	300	400	100	100	200	300	400	100	100	200	300	400	100	100	200	300	400	100	100	200	300	400	100	100	200	300	400
A1	Primav	***	***	***	***	***	2,30	***	***	6,14	7,70	2,44	***	***	6,66	8,86	2,54	***	***	6,92	9,18	2,56	***	***	7,06	9,36	2,58	***	***	7,08	9,42
	Verão	0,94	0,60	1,34	1,90	3,02	1,54	1,22	2,84	4,50	6,50	1,70	1,40	3,20	5,00	7,10	1,82	1,46	3,32	5,22	7,34	1,90	1,50	3,46	5,40	7,50	1,90	1,50	3,48	5,48	7,60
	Outono	0,88	0,84	1,58	2,16	2,44	1,90	1,58	3,36	4,74	6,22	2,06	1,82	3,74	5,28	7,00	2,18	1,92	3,88	5,60	7,28	2,24	1,96	4,00	5,80	7,44	2,24	1,96	4,04	5,92	7,54
	Inverno	1,08	1,02	1,70	2,52	3,22	2,04	1,86	3,78	5,52	6,98	2,28	2,08	4,16	6,22	7,86	2,34	2,14	4,34	6,50	8,24	2,40	2,20	4,46	6,70	8,48	2,48	2,24	4,50	6,80	8,62
	Média	0,97	0,82	1,54	2,19	2,89	1,95	1,55	3,33	5,23	6,85	2,12	1,77	3,70	5,79	7,71	2,22	1,84	3,85	6,06	8,01	2,28	1,89	3,97	6,24	8,20	2,30	1,90	4,01	6,32	8,30
F1	Primav	***	***	***	***	***	2,46	***	***	6,66	8,72	2,66	***	***	7,16	9,82	2,78	***	***	7,40	10,20	2,84	***	***	7,56	10,40	2,84	***	***	7,60	10,44
	Verão	1,14	0,94	1,74	2,44	3,14	2,00	1,72	3,46	5,58	7,18	2,16	1,88	3,72	6,14	8,26	2,22	1,96	3,92	6,30	8,66	2,28	2,00	4,04	6,46	8,82	2,28	2,02	4,06	6,52	8,94
	Outono	0,94	0,96	1,50	2,26	2,92	1,76	1,82	3,50	5,40	7,04	1,92	1,98	3,92	6,06	8,06	2,02	2,08	4,14	6,30	8,40	2,10	2,14	4,24	6,52	8,64	2,20	2,18	4,28	6,60	8,72
	Inverno	1,16	1,06	2,06	2,86	3,20	2,26	2,00	4,32	6,14	7,70	2,50	2,24	4,68	6,70	8,72	2,58	2,42	4,90	7,04	9,08	2,68	2,50	5,00	7,16	9,34	2,70	2,52	5,06	7,20	9,50
	Média	1,08	0,99	1,77	2,52	3,09	2,12	1,85	3,76	5,95	7,66	2,31	2,03	4,11	6,52	8,72	2,40	2,15	4,32	6,76	9,09	2,48	2,21	4,43	6,93	9,30	2,51	2,24	4,47	6,98	9,40
R1	Primav	***	***	***	***	***	1,33	***	***	***	6,20	1,48	***	***	***	7,20	1,58	***	***	***	7,50	1,66	***	***	***	8,00	1,68	***	***	***	8,20
	Verão	1,06	***	***	***	***	1,62	***	3,60	4,70	6,80	1,68	***	3,80	5,00	7,30	1,72	***	3,90	5,10	7,50	1,72	***	3,90	5,10	7,60	1,72	***	4,00	5,10	7,60
	Outono	1,01	***	***	2,50	***	1,54	***	***	4,30	***	1,70	***	***	4,70	***	1,71	***	***	4,90	***	1,73	***	***	5,00	***	1,74	***	***	5,10	***
	Inverno	1,26	***	***	***	4,00	2,20	***	***	***	8,00	2,40	***	***	***	8,80	2,44	***	***	***	9,20	2,50	***	***	***	9,30	2,52	***	***	***	9,30
	Média	1,11	***	***	2,50	4,00	1,67	***	3,60	4,50	7,00	1,82	***	3,80	4,85	7,77	1,86	***	3,90	5,00	8,07	1,90	***	3,90	5,05	8,30	1,92	***	4,00	5,10	8,37
G1	Primav	***	***	***	***	***	0,60	***	***	1,00	2,10	0,70	***	***	1,80	2,60	0,70	***	***	1,90	2,80	0,70	***	***	2,00	2,90	0,70	***	***	2,00	2,90
	Verão	***	***	***	***	***	0,50	0,20	0,80	1,10	1,70	0,50	0,30	0,90	1,40	2,00	0,60	0,40	1,00	1,40	2,10	0,60	0,40	1,00	1,50	2,10	0,60	0,40	1,00	1,50	2,10
	Outono	0,20	0,30	0,40	0,40	0,80	0,50	0,60	1,00	1,10	1,90	0,70	0,70	1,20	1,40	2,10	0,70	0,70	1,40	1,50	2,30	0,80	0,70	1,40	1,50	2,40	0,80	0,70	1,40	1,50	2,40
	Inverno	0,10	0,20	0,30	0,40	0,70	0,30	0,40	1,00	1,20	1,60	0,40	0,50	1,20	1,50	1,80	0,50	0,60	1,20	1,60	1,90	0,50	0,60	1,20	1,70	2,00	0,50	0,60	1,20	1,70	2,00
	Média	0,15	0,25	0,35	0,40	0,75	0,48	0,40	0,93	1,10	1,83	0,58	0,50	1,10	1,53	2,13	0,63	0,57	1,20	1,60	2,28	0,65	0,57	1,20	1,68	2,35	0,65	0,57	1,20	1,68	2,35

QUADRO 51 - EVOLUÇÃO PERCENTUAL DO RENDIMENTO SAZONAL DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*: tempos de destilação a partir de diferentes quantidades de material

Tempo		10 minutos (%)					1 Hora (%)					2 Horas (%)					3 Horas (%)					4 Horas (%)					5 Horas (ml) = 100 %					
Sistema		ABNT	Clevenger Básico				ABNT	Clevenger Básico				ABNT	Clevenger Básico				ABNT	Clevenger Básico				ABNT	Clevenger Básico				ABNT	Clevenger Básico				
Peso (g)		100	100	200	300	400	100	100	200	300	400	100	100	200	300	400	100	100	200	300	400	100	100	200	300	400	100	100	200	300	400	
A1	Primavera	***	***	***	***	***	89,2	***	***	86,7	81,7	94,6	***	***	94,1	94,1	98,5	***	***	97,7	97,3	99,2	***	***	99,7	99,4	2,58	***	***	7,08	9,42	
	Verão	49,5	40,0	38,5	34,7	39,7	81,1	81,3	81,6	82,1	85,5	89,5	93,3	92,0	91,2	93,4	95,8	97,3	95,4	95,3	96,6	100	100	99,4	98,5	98,7	1,90	1,50	3,48	5,48	7,60	
	Outono	39,3	42,9	39,1	36,5	32,4	84,8	80,6	83,2	80,1	82,5	92,0	92,9	92,6	89,2	92,8	97,3	98,0	96,0	94,6	96,6	100	100	99,0	98,0	98,7	2,24	1,96	4,04	5,92	7,54	
	Inverno	43,6	45,5	37,8	37,1	37,4	82,3	83,0	84,0	81,2	81,0	91,9	92,9	92,4	91,5	91,2	94,4	95,5	96,4	95,6	95,6	96,8	98,2	99,1	98,5	98,4	2,48	2,24	4,50	6,80	8,62	
	Média	44,1	42,8	38,5	36,1	36,5	84,3	81,7	82,9	82,5	82,7	92,0	93,0	92,3	91,5	92,9	96,5	96,9	96,0	95,8	96,5	99,0	99,4	99,2	98,7	98,8	2,30	1,90	4,01	6,32	8,30	
F1	Primavera	***	***	***	***	***	86,6	***	***	87,6	83,5	93,7	***	***	94,2	94,1	97,9	***	***	97,4	97,7	100	***	***	99,5	99,6	2,84	***	***	7,60	10,44	
	Verão	50,0	46,5	42,9	37,4	35,1	87,7	85,1	85,2	85,6	80,3	94,7	93,1	91,6	94,2	92,4	97,4	97,0	96,6	96,6	96,9	100	99,0	99,5	99,1	98,7	2,28	2,02	4,06	6,52	8,94	
	Outono	42,7	44,0	35,0	34,2	33,5	80,0	83,5	81,8	81,8	80,7	87,3	90,8	91,6	91,8	92,4	91,8	95,4	96,7	95,5	96,3	95,5	98,2	99,1	98,8	99,1	2,20	2,18	4,28	6,60	8,72	
	Inverno	43,0	42,1	40,7	39,7	33,7	83,7	79,4	85,4	84,4	81,1	92,6	88,9	92,5	93,1	91,8	95,6	96,0	96,8	97,8	95,6	99,3	99,2	98,8	99,4	98,3	2,70	2,52	5,06	7,20	9,50	
	Média	45,2	44,2	39,5	37,1	34,1	84,5	82,7	84,1	84,9	81,4	92,1	90,9	91,9	93,3	92,7	95,7	96,2	96,7	96,8	96,6	98,7	98,8	99,1	99,2	98,9	2,51	2,24	4,47	6,98	9,40	
R1	Primavera	***	***	***	***	***	79,2	***	***	***	75,6	88,1	***	***	***	87,8	94,1	***	***	***	91,5	98,8	***	***	***	97,6	1,68	***	***	***	8,20	
	Verão	61,6	***	***	***	***	94,2	***	90,0	92,2	89,5	97,7	***	95,0	98,0	96,1	100	***	97,5	100	98,7	100	***	97,5	100	100	1,72	***	4,00	5,10	7,60	
	Outono	58,1	***	***	***	49,0	***	88,5	***	***	84,3	***	97,7	***	***	92,2	***	98,3	***	***	96,1	***	99,4	***	***	98,0	***	1,74	***	***	5,10	***
	Inverno	50,0	***	***	***	***	87,3	***	***	***	86,0	95,2	***	***	***	94,6	96,8	***	***	***	98,9	99,2	***	***	***	100	2,52	***	***	***	9,30	
	Média	56,6	***	***	***	49,0	43,0	87,3	***	90,0	88,2	83,7	94,7	***	95,0	95,1	92,8	97,3	***	97,5	98,0	96,4	99,4	***	97,5	99,0	99,2	1,9	***	4,00	5,10	8,4
G1	Primavera	***	***	***	***	***	85,7	***	***	50,0	72,4	100	***	***	90,0	89,7	100	***	***	95,0	96,6	100	***	***	100	100	0,70	***	***	2,00	2,90	
	Verão	***	***	***	***	***	83,3	50,0	80,0	73,3	81,0	83,3	75,0	90,0	93,3	95,2	100	100	100	93,3	100	100	100	100	100	100	0,60	0,40	1,00	1,50	2,10	
	Outono	25,0	42,9	28,6	26,7	33,3	62,5	71,4	71,4	73,3	79,2	87,5	100	85,7	93,3	87,5	87,5	100	100	100	95,8	100	100	100	100	100	0,80	0,70	1,40	1,50	2,40	
	Inverno	20,0	33,3	25,0	23,5	35,0	60,0	50,0	83,3	70,6	80,0	80,0	83,3	100	88,2	90,0	100	100	100	94,1	95,0	100	100	100	100	100	0,50	0,60	1,20	1,70	2,00	
	Média	22,5	38,1	26,8	25,1	34,2	72,9	57,1	78,3	66,8	78,1	87,7	86,1	91,9	91,2	90,6	96,9	100	100	95,6	96,8	100	100	100	100	100	0,65	0,57	1,20	1,68	2,35	

GRÁFICO 8 – EVOLUÇÃO PERCENTUAL ACUMULADA DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii* CONFORME APARELHAGEM ABNT COM 100 g DE MATERIAL

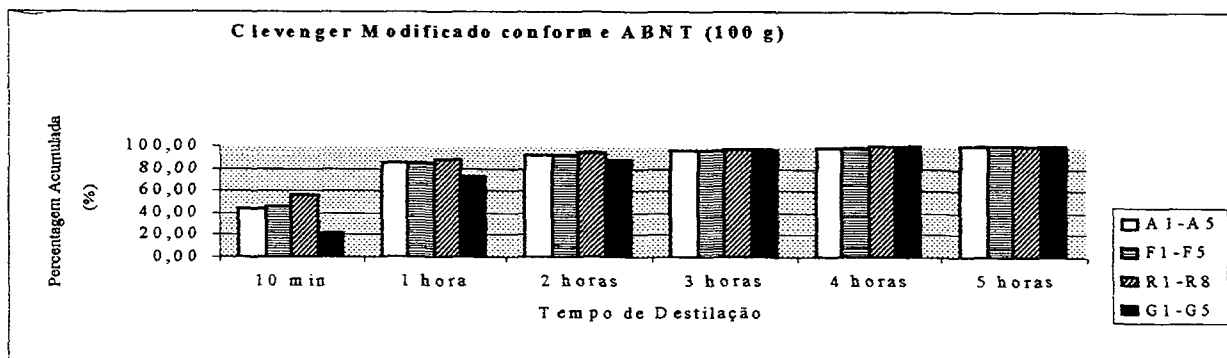


GRÁFICO 9 – EVOLUÇÃO PERCENTUAL ACUMULADA DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii* CONFORME CLEVINGER BÁSICO COM 100 g DE MATERIAL

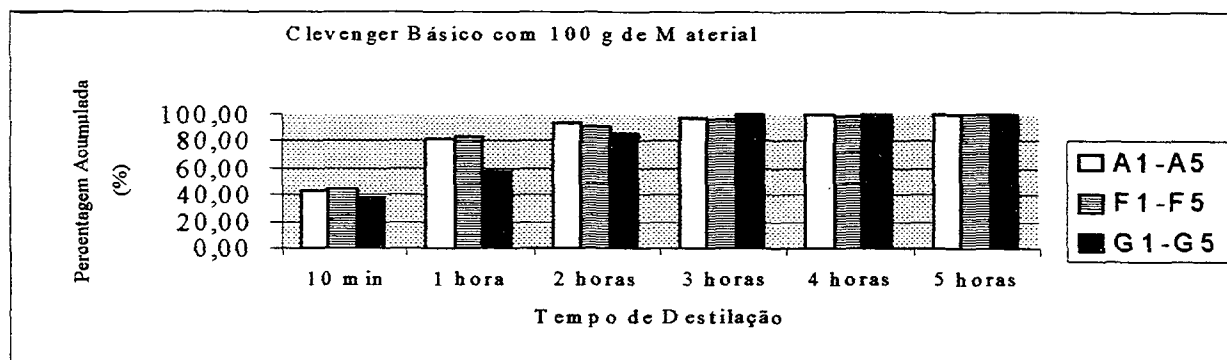


GRÁFICO 10– EVOLUÇÃO PERCENTUAL ACUMULADA DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii* CONFORME CLEVINGER BÁSICO COM 200 g DE MATERIAL

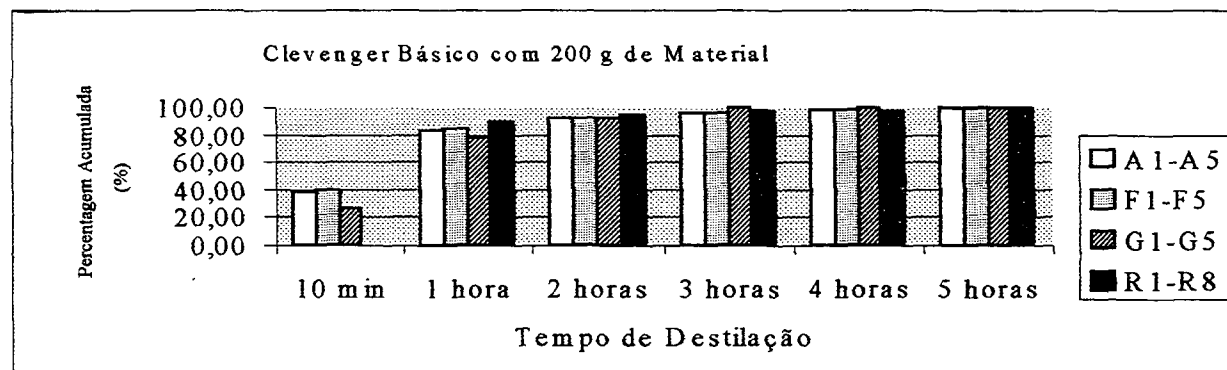


GRÁFICO 11- EVOLUÇÃO PERCENTUAL ACUMULADA DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii* CONFORME CLEVINGER BÁSICO COM 300 g DE MATERIAL



GRÁFICO 12- EVOLUÇÃO PERCENTUAL ACUMULADA DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii* CONFORME CLEVINGER BÁSICO COM 400 g DE MATERIAL



5.3.4 Óleo Essencial de *Eucalyptus smithii* Referente a Outros Materiais Botânicos

Madeira: foi obtido da serragem da madeira recém coletada (50,94% de umidade) no inverno, rendimento de 0,05% em aparelho de extração da ABNT. Em Clevenger Básico obteve-se, 0,10% a partir de 300 g e 0,08% a partir de 400 g (apênd. 4);

Casca: obteve-se no inverno, um essencial amarelado e de cheiro acentuado da casca seca ao ar, com 23,35% de umidade. Os rendimentos em óleo essencial da casca (apênd. 4) foram de 0,60% conforme aparelhagem da ABNT e de 0,58 a 0,60% pelo Clevenger Básico (apênd. 4). Este óleo essencial apresentou densidades relativas $d_{20}^{20} = 0,89424$ e $d_4^{20} = 0,89266$ (apênd. 6); índice de refração $n_{20}^{20} = 1,4722$ (apênd. 7) e solubilidade em etanol: 1:108 (etanol 70%), 1:80 (etanol 80%), 1:3 (etanol 90%) e 1:1 (etanol 96,5%) (apênd. 8). A

densidade relativa (d_{20}^{20}), deste óleo essencial, revelou-se um pouco abaixo das especificações (quadros 6 e 7), o índice de refração um pouco acima, e a solubilidade em etanol 70% muito acima, ou seja, está fora das especificações para óleos essenciais de eucaliptos ricos em 1,8-cineol;

Folhas Juvenis (Freb): apresentaram alto rendimento, de 3,30% em óleo essencial (ABNT) no inverno (apênd. 4) a partir de material recém coletado, ausente de ramos, com 63,25% de umidade. Estas folhas juvenis apresentaram densidades relativas $d_{20}^{20} = 0,90835$ e $d_4^{20} = 0,90674$ (apênd. 6) e solubilidade em etanol de: 1:3 (etanol 70%), 1:3 (etanol 80%), 1:2 (etanol 90%) e 1:1 (etanol 96,5%) (apênd. 8). A densidade relativa d_{20}^{20} ficou de acordo com a maioria das especificações para óleos essenciais de eucaliptos ricos em 1,8-cineol e a solubilidade em etanol 70% (1:3) de acordo com estas especificações.

Ramos Terminais Juvenis (Greb): apresentaram um rendimento em óleo essencial de 0,50% pela ABNT, no inverno (apênd. 4) a partir de material recém coletado (61,05% de Umidade). Este óleo essencial apresentou índice de refração $n_{20}^{20} = 1,4602$ (apênd. 7) e solubilidade em etanol de: 1:3 (etanol 70%), 1:2 (etanol 80%), 1:1 (etanol 90%) e 1:1 (etanol 96,5%) (apênd. 8). O rendimento em óleo essencial dos ramos terminais juvenis ficou próximo ao dos ramos terminais de material adulto. O índice de refração e a solubilidade em etanol a 70% estão de acordo com as especificações para óleos essenciais de eucaliptos ricos em 1,8-cineol.

5.4. ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS SAZONAIS E DAS FRAÇÕES DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*

Realizou-se cromatografias qualitativas (quadro 52) do óleo essencial de *Eucalyptus smithii*.

QUADRO 52 - COMPONENTES DO ÓLEO ESSENCIAL EXTRAÍDO DE *Eucalyptus smithii*

Compostos	Função Química	Fórmula Molecular	TEMPOS DE RETENÇÃO								
			PM (1)	Fp (2)	Ap (3)	Rp (4)	Gp (5)	Fra1-o (6)	Fra2-o (6)	Fra3-o (6)	Fra4-o (6)
Isovaleraldeído	Aldeído	C ₅ H ₁₀ O	86,13	6,58	6,58	6,57	6,55	6,57	6,60	6,60	6,56
cis-3-hexenol	Álcool	C ₆ H ₁₂ O	100,16	***	***	***	***	***	***	***	11,81
α-Tujeno	Hidrocarboneto	C ₁₀ H ₁₆	136,23	***	14,30	***	14,29	***	***	***	***
α-Pineno	Hidrocarboneto	C ₁₀ H ₁₆	136,23	14,71	14,72	14,69	14,65	14,64	14,64	14,77	14,66
α-Fenqueno	Hidrocarboneto	C ₁₀ H ₁₆	136,23	***	***	***	***	***	***	15,06	***
Canfeno	Hidrocarboneto	C ₁₀ H ₁₆	136,23	15,11	15,11	***	15,12	***	***	15,15	***
β-Pineno	Hidrocarboneto	C ₁₀ H ₁₆	136,23	15,98	15,98	15,94	15,92	***	15,92	15,93	15,91
α-Felandreno	Hidrocarboneto	C ₁₀ H ₁₆	136,23	16,67	16,66	16,65	16,62	***	***	16,61	16,67
p-Cimeno	Hidrocarb. Aromático	C ₁₀ H ₁₄	134,22	***	***	***	***	***	***	17,20	***
1,8-Cineol	Éter	C ₁₀ H ₁₈ O	154,24	17,92	17,55	17,52	17,45	17,56	17,54	17,55	17,44
γ-Terpineno	Hidrocarboneto	C ₁₀ H ₁₆	136,23	18,23	18,26	18,20	18,20	18,25	18,21	18,16	18,20
Não Identificado	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	18,68
Terpinoleno	Hidrocarboneto	C ₁₀ H ₁₆	136,23	19,10	19,11	19,09	19,07	19,11	***	19,08	19,07
endo-Fencol	Álcool	C ₁₀ H ₁₈ O	154,24	19,83	19,85	***	19,82	***	***	***	19,81
α-Canfolenal	Aldeído	***	***	***	***	***	19,93	***	***	***	***
Não Identificado	***	***	***	***	19,97	***	***	***	***	***	***
trans-Pinocarveol	Álcool	C ₁₀ H ₁₆ O	152,24	20,62	20,63	20,61	20,64	20,63	20,61	20,63	20,60
Pinocarvona	Cetona	C ₁₀ H ₁₄ O	150,21	21,05	21,05	***	21,05	***	***	21,05	***
trans-dihidro-α-Terpineol	Álcool	***	***	21,19	21,19	21,18	21,17	21,19	***	21,20	21,17
Borneol	Álcool	C ₁₀ H ₁₈ O	154,24	21,34	21,35	***	21,34	***	***	21,35	21,33
1,8-Metadien-4-ol	Álcool	***	***	21,49	21,50	***	21,47	21,49	***	***	21,48
Terpinen-4-ol	Álcool	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25	21,61	21,61	21,60	21,60	21,61	21,61	***	21,60
α-Terpineol	Álcool	C ₁₀ H ₁₈ O	154,24	21,95	21,96	21,94	21,97	21,90	21,89	21,98	21,94
Não Identificado	***	***	***	***	22,16	***	22,13	***	***	22,14	***
Não Identificado	***	***	***	***	***	***	22,31	***	***	***	***
trans-Carveol	Álcool	C ₁₀ H ₁₆ O	152,23	22,57	22,56	***	22,54	***	***	22,57	22,57
Não Identificado	***	***	***	***	22,65	***	***	***	***	22,68	***
trans-p-Menta-1(7),8-dien-2-ol	Álcool	***	***	22,76	22,76	22,76	22,74	***	***	22,79	22,76
cis-Carveol	Álcool	C ₁₀ H ₁₆ O	152,23	***	***	***	***	***	***	22,90	***
Carvona	Cetona	C ₁₀ H ₁₄ O	150,21	***	***	***	23,14	***	***	23,15	***
Geraniol	Álcool	C ₁₀ H ₁₈ O	154,24	23,28	23,28	***	***	***	***	***	***
Carvotanacetona	Cetona	C ₁₀ H ₁₆ O	152,12	***	***	***	23,31	***	***	***	***
Não Identificado	***	***	***	***	***	***	***	***	***	23,36	***
Carvacrol	Fenol	C ₁₀ H ₁₄ O	150,21	***	***	***	24,48	***	***	***	***
(Z)-Jasmona	Cetona	C ₁₁ H ₁₆ O	164,24	***	***	***	27,02	***	***	***	***
Não Identificado	***	***	***	28,51	***	28,51	28,51	***	***	***	***
Alloaromadendreno	Hidrocarboneto	C ₁₅ H ₂₄	204,36	29,02	29,03	29,02	29,02	***	***	29,03	***
Não Identificado	***	***	***	***	***	***	29,33	***	***	***	***
Não Identificado	***	***	***	***	***	***	29,56	***	***	***	***
Ledeno	Hidrocarboneto	C ₁₅ H ₂₄	204,19	30,33	30,33	30,35	30,33	***	***	30,35	***
δ-Cadineno	Hidrocarboneto	C ₁₅ H ₂₄	204,39	***	***	***	30,73	***	***	***	***
Não Identificado	***	***	***	***	***	***	32,16	***	***	***	***
Espatuleno	Álcool	***	***	32,53	32,55	32,55	32,54	***	***	32,58	32,52
Globulol	Álcool	C ₁₅ H ₂₆ O	222,37	32,92	32,92	32,93	32,93	***	***	32,95	32,90
Viridiflorol	Álcool	C ₁₅ H ₂₆ O	220,20	33,18	33,19	33,19	33,19	***	***	33,22	33,17
Não Identificado	***	***	***	33,33	33,33	33,32	33,32	***	***	33,35	***
Não Identificado	***	***	***	***	***	33,55	33,56	***	***	***	***
Não Identificado	***	***	***	33,96	33,95	33,95	33,96	***	***	33,96	***
10-epi-γ-Eudesmol	Álcool	C ₁₅ H ₂₆ O	222,36	34,20	34,19	34,20	34,18	34,13	***	34,17	34,13
Hinesol	Álcool	***	***	34,46	34,46	34,46	34,46	***	***	***	***
β-Eudesmol	Álcool	C ₁₅ H ₂₆ O	222,36	35,03	35,01	35,06	35,00	34,89	***	34,99	34,90
α-Eudesmol	Álcool	C ₁₅ H ₂₆ O	222,36	35,14	35,13	***	35,13	35,02	***	***	35,01

NOTAS: (1) PM = Peso Molecular;

(2) Fp = Folhas adultas de primavera (árvores 1 a 5);

(3) Ap = Folhas adultas + ramos terminais de primavera (árvores 1 a 5);

(4) Rp = Folhas adulta + ramos terminais, mofados de primavera (árvores 1 a 5);

(5) Gp = Ramos terminais mofados de primavera (árvores 1 a 5);

(6) Frações Extraídas do Óleo Essencial de *E. smithii* no Outono, onde: Fra1-o = fração de 0 a 10 minutos; Fra2-o = fração de 10 minutos a 40 minutos; Fra3-o = fração de 40 minutos a 1 hora e 40 minutos; Fra4-o = Fração de 1 hora e 40 minutos a 5 horas.

O óleo essencial de *Eucalyptus smithii* apresentou, ao todo, 52 diferentes componentes (quadro 52), distribuídos principalmente nas funções de álcoois (19) e de hidrocarbonetos (12) seguidos por cetonas (4), aldeídos (2), éter (1), fenol (1), além de 13 componentes não identificados. Dos 52 componentes constatados, 31 destes estavam presentes nas folhas adultas (Fp), 34 nas folhas adultas + ramos terminais (Ap), 24 nas folhas adultas + ramos terminais mofados (Rp) e 43 nos ramos terminais mofados (Gp). No óleo essencial das frações das folhas adultas de outono, foram encontrados 13 componentes na primeira fração (FRA1o: 0 a 10 minutos), 8 na segunda fração (FRA2o: 10 a 40 minutos), 31 na terceira fração (FRA3o: 40 minutos a 1 hora e 40 minutos) e 24 na quarta fração (FRA4o: 1 hora e 40 minutos a 5 horas).

O número de componentes do óleo essencial das folhas adultas: Fp (31) e das folhas adultas + ramos terminais: Ap (34) encontrado em *Eucalyptus smithii* está concordante ao número obtido para o óleo essencial desta espécie por autores (tab. 4) como: BOLAND, BROPHY e HOUSE (1991): 32 componentes, sendo 20 coincidentes; BIGNELL, DUNLOP e BROPHY (1998) e CHALCAT et al. (1997): ambos com 32 componentes, sendo 15 coincidentes. Outros autores, como COPPEN (1992) encontraram 24 componentes em suas análises, sendo 18 coincidentes, CHISOWA (1997) com 22 componentes sendo 14 coincidentes e, WANG, WANG e XIE (1997) com 16 componentes sendo 12 coincidentes.

Os componentes mais freqüentes, presentes em todas as partes vegetais analisadas e em todas as frações do óleo essencial foram: 1,8-cineol, isovaleraldeído, α -pineno, γ -terpineno, *trans*-pinocarveol e α -terpineol (quadro 52). Os outros componentes mais freqüentes no óleo essencial foram β -pineno, terpinoleno, terpinen-4-ol, β -eudesmol, 10-epi- γ -eudesmol, α -felandreno, espatulenol, globulol e viridiflorol.

Vários componentes constatados, neste trabalho, estão de acordo com os compostos encontrados por BOLAND, BROPHY e HOUSE (1991), BIGNELL, DUNLOP e BROPHY (1998), CHALCAT et al. (1997), CHISOWA (1997), WANG, WANG e XIE (1997) citados na tabela 4 e que encontraram como componentes mais freqüentes: 1,8-cineol, α -pineno, limoneno, *trans*-pinocarveol, terpinen-4-ol, *p*-cimeno, α e β eudesmol e γ -terpineno, assim como COPPEN (1992) que constatou no óleo essencial de *Eucalyptus smithii* de 10 árvores (quadros 9 e 10) como componentes mais freqüentes: 1,8-cineol, isovaleraldeído, α e β pineno, terpinen-4-ol, mirceno, limoneno, *p*-cimeno, linalol, α e δ terpineol, agarospirol, α , β e γ eudesmol.

Os ramos terminais mofados (Gp) apresentaram, dentre os 43 componentes encontrados, o carvacrol, um fenol largamente usado como poderoso germicida e antisséptico em todos os tipos de preparações bucais e medicinais, desinfetantes e em sprays domésticos, na aromatização de sabonetes e sugestionado para aplicação como anestésico local em dores de dente e como anti-helmíntico (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963). A presença deste componente pode estar relacionada ao estado de mofo do material destilado, como resultado de uma resposta contra o apodrecimento do mesmo.

O isovaleraldeído esteve presente em todas as amostras pesquisadas neste trabalho, sendo também verificado no óleo essencial de *Eucalyptus smithii* estudado por BOLAND, BROPHY e HOUSE (1991), CHISOWA (1997) e COPPEN (1992). Este aldeído, usualmente pode ser reconhecido pelo seu desagradável cheiro e, por esta razão o aldeído pode ser removido por fracionamento do óleo essencial (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963). Este componente pode causar tosse, portanto não sendo recomendável a sua presença (TRIAD, 2002). O óleo essencial de *E. smithii* necessita de retificação devido a presença de isovaleraldeído (PENFOLD, 1965), sendo obrigatória quando o óleo essencial deve obedecer as normas da BP 1988 ou da ISO 4732:1983 (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991).

Constatou-se também a presença de α -felandreno no óleo essencial de *Eucalyptus smithii*, neste trabalho. WANG, WANG e XIE (1997) encontraram este componente, para esta espécie, na proporção de 0,06%. Algumas farmacopéias, como a British Pharmacopoeia (BP), exigem que os óleos essenciais medicinais de eucaliptos sejam praticamente livres ou com percentuais limitados de α e β felandreno (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963). O felandreno pode causar irritação quando absorvido pela pele, vômitos e diarreia se ingerido (THE MERCK INDEX, 1989).

5.4.1 Teor de 1,8-Cineol no Óleo Essencial de *Eucalyptus smithii*

Foram realizadas cromatografias quantitativas para o teor de 1,8-cineol, principal componente do óleo essencial de *Eucalyptus smithii* (quadro 53).

QUADRO 53 - TEOR DE 1,8-CINEOL DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*

Amostra	Descrição do Material	1,8-Cineol
A) ESTUDOS PRELIMINARES: ARMAZENAMENTO		
P01	Folhas Adultas + Ramos Terminais: dia da coleta (51,92% de Umidade)	75,62%
P09	Folhas Adultas + Ramos Terminais: 10 dias secos ao ar (19,24% de Umidade)	74,97%
P18	Folhas Adultas + Ramos Terminais: 23 dias armazenados em geladeira (52% de Umidade)	76,73%
B) CROMATOGRAFIAS SAZONAIS		
Fp	Folhas Adultas de Primavera (F1 a F5)	80,44%
Fv	Folhas Adultas de Verão (F1 a F5)	85,16%
Fo	Folhas Adultas de Outono (F1 a F5)	82,34%
Fi	Folhas Adultas de Inverno (F1 a F5)	78,25%
Rp	Folhas Juvenis + Ramos de Primavera (R1 a R8)	83,25%
Rv	Folhas Juvenis + Ramos de Verão (R1 a R3; R4; R6 e R7)	84,47%
Ro	Folhas Juvenis + Ramos de Outono (R1 a R8)	81,43%
Ri	Folhas Juvenis + Ramos de Inverno (R1 a R3; R7 e R8)	70,72%
C) CROMATOGRAFIAS INDIVIDUAIS		
F3V	Folhas Adultas de Verão da Árvore 3	83,19%
F5V	Folhas Adultas de Verão da Árvore 5	86,95%
Ci	Cascas de Inverno da Árvore 2	23,54%
D) CROMATOGRAFIAS DAS FRAÇÕES DE OUTONO		
FRA1o	Folhas Adultas de Outono, destiladas de 0 a 10 minutos (F1 a F5)	93,08%
FRA2o	Folhas Adultas de Outono, destiladas de 10 a 40 minutos (F1 a F5)	90,07%
FRA3o	Folhas Adultas de Outono, destiladas de 40 min a 1h40 minutos (F1 a F5)	80,00%
FRA4o	Folhas Adultas de Outono, destiladas de 1h40 min a 5 horas (F1 a F5)	38,24%
E) OUTRAS CROMATOGRAFIAS		
Ap	Folhas Adultas + Ramos de Primavera (A1 a A5)	78,18 %
Gi	Ramos Adultos de Inverno (G1 a G5)	67,69 %

De acordo com as análises cromatográficas para os estudos preliminares (quadro 53), observou-se que o tempo de armazenamento do material ao ar, em ambiente fechado, após 10 dias (P09: 74,97%) assim como o material armazenado ao frio, em geladeira, por 23 dias (P18: 76,73%), não influenciou na composição química do óleo essencial, com relação ao teor de 1,8-cineol obtido do material recém coletado (P01: 75,62%).

Na pesquisa da variação sazonal do óleo essencial das folhas adultas de *Eucalyptus smithii* (Fp: 80,44%, Fv: 85,16%, Fo: 82,34% e Fi: 78,25%), as amostras colhidas na estação de verão apresentaram o maior teor de 1,8-cineol, seguido das amostras de outono e de primavera. O inverno foi a estação com menor percentual deste componente (quadro 53). A variação sazonal do óleo essencial das folhas juvenis (Rv: 84,47%, Ro: 81,43%, Ri: 70,72%) também indicou que a estação de verão foi a que apresentou maior teor de 1,8-cineol, seguido de outono e, por último, de inverno.

O teor de 1,8-cineol de *Eucalyptus smithii* das análises entre indivíduos das folhas adultas colhidas no verão (F3v com 83,19% e F5v com 86,95%), demonstrou que há alguma variação do percentual de 1,8-cineol, mesmo que pequena, entre árvores desta mesma espécie, dentro de uma mesma população, porém a média de 1,8-cineol destes 2 indivíduos foi equivalente à amostra representativa dos indivíduos de verão Fv (85,16%) utilizada para representar a população de *E. smithii* da área pesquisada. No entanto, para uma melhor avaliação da amplitude da variação individual para esta espécie recomenda-se a realização de análises cromatográficas para um número maior de indivíduos tanto adultos como juvenis. A variação entre indivíduos também foi verificada por COPPEN (1992) com teores em 1,8-cineol variando de 44,90 a 73,30% de óleo essencial para 10 árvores desta espécie a partir de diferentes tipos de folhas.

As folhas adultas de primavera de *Eucalyptus smithii* (Rp) foram submetidas ao estado de apodrecimento em saco plástico por mais de 2 meses obtendo-se um óleo essencial amarelado com 83,25% de 1,8-cineol. Este material vegetal ficou totalmente mofado, escuro e com a umidade inicial preservada, porém o teor de 1,8-cineol não teve seu teor alterado pelo mofo revelando a estabilidade deste componente, neste estudo. No entanto, o óleo essencial apresentou cheiro desagradável e enjoativo, indicando alteração de outros componentes.

Na primavera, comparando-se o teor de 1,8-cineol do material das folhas adultas (Fp): 80,44% e das folhas adultas + ramos terminais (Ap): 78,18%, observa-se variação, cuja percentagem de 1,8-cineol apresentou-se menor em Ap devido à presença de ramos terminais que possuem menor teor deste componente (quadro 53).

Os teores de 1,8-cineol obtidos do óleo essencial de *Eucalyptus smithii*, neste trabalho, foram: para os estudos preliminares das folhas adultas + ramos terminais (P01, P09 e 18: 74,97 a 76,73%); frações a partir das folhas adultas de outono de 0 a 10 minutos (FRA1o), 10 a 40 minutos (FRA2o) e de 40 minutos a 1 hora e 40 minutos (FRA3o) de 80,00 a 93,08%; estudos individuais das folhas adultas de verão (F3v e F5v: de 78,18 a 86,95%); pesquisas sazonais das folhas adultas (Fp, Fv, Fo e Fi: de 78,25% a 85,16%); folhas adultas + ramos terminais mofados (Rp: 83,25%) e; folhas juvenis + ramos terminais (Rv, Ro e Ri: 70,72% a 84,47%).

Estes valores para o 1,8-cineol estão de acordo ou semelhantes aos teores encontrados de 1,8-cineol para o óleo essencial comercial de *Eucalyptus smithii* (70 a 80%) citados por PENFOLD (1965) e pelos teores de 1,8-cineol obtidos por BOLAND, BROPHY e HOUSE (1991) com 80,54%, BIGNELL, DUNLOP e BROPHY (1998) com 77,50%, CHALCAT et

al. (1997) com 84,27%, CHISOWA (1997) com 86,40%, WANG, WANG e XIE (1997) com 81,85%, KOKETSU e GONÇALVES (1991) com 75 a 80% e IGARASHI (1986) com 70 a 80%.

O óleo essencial de *Eucalyptus smithii* da região de Colombo está de acordo com a maioria das especificações, que exigem um mínimo de 70% de 1,8-cineol. No entanto, o óleo essencial obtido a partir das folhas adultas, folhas adultas + ramos terminais e folhas juvenis + ramos terminais, nas estações de primavera, verão e outono se enquadra em todas as especificações, contendo acima de 80% de 1,8-cineol, com exceção do inverno.

Já, o teor de 1,8-cineol do óleo essencial obtido no inverno a partir dos ramos terminais (67,69%), da casca (23,54%) e da última fração das folhas adultas de outono: 1 hora e 40 minutos a 5 horas (38,24%), apresentaram percentagens inferiores às especificações.

Quanto às frações do óleo essencial a partir das folhas adultas de *Eucalyptus smithii* extraídas no outono, a primeira fração (FRA1o: 0 a 10 minutos) apresentou o maior teor de 1,8-cineol (93,08%), diminuindo-se gradualmente até a terceira fração: FRA2o: 10 minutos a 40 minutos (90,07%) e FRA3o: 40 minutos a 1 hora e 40 minutos (80,00%). A última fração (FRA4o: 1 hora e 40 minutos a 5 horas) apresentou um óleo essencial pobre em 1,8-cineol, apenas 38,24%.

A diminuição do componente principal também foi verificada por MOLLAN et al. (1965) estudando frações destiladas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos a partir de folhas + ramos de outra espécie, o *Eucalyptus citriodora*, com vapor e pressão, nas quais relataram que à medida que os tempos de destilação (frações) se prolongavam havia uma diminuição progressiva no teor de citronelal, indicando que a extração deve ser a mais rápida possível, porém assegurando o máximo em rendimento, qualidade e economia.

Pesquisou-se, no inverno, o teor de 1,8-cineol do óleo essencial de outras partes vegetais, como os ramos terminais de inverno (Gi): 67,69% que não diferiram muito do óleo essencial das folhas adultas (Fi): 78,25% e das folhas juvenis + ramos terminais (Ri): 70,72%. No inverno, também analisou-se o óleo essencial da casca (Ci) que apresentou cheiro acentuado e característico, mas contendo apenas 23, 54% de 1,8-cineol.

5.5 Produção de óleo Essencial de eucalipto: análise de custos

A análise de custos para a produção do óleo essencial de eucalipto foi toda desenvolvida tornando-se como referência o processamento de 1000 kg de material vegetal, sendo realizada em março de 2002, como mês de referência, com valor do dólar comercial americano de R\$ 2,31.

5.5.1 Custo de Produção das Árvores e Corte de Material

- base de cálculo: 1 hectare plantado

Adotou-se as informações citadas por KOKETSU e GONÇALVES (1991) para o plantio e corte de *Eucalyptus smithii*:

Espaçamento entre as plantas: 1,5 m x 3 m, resultando em 3333 árvores/ha;
 Primeiro corte (folhas + ramos): 1,5 anos após o plantio, com produção de 4000 kg/ha;
 2º corte: 10 meses após o primeiro corte, com média de produção de 6000 kg/ha;
 Cortes subseqüentes: a cada ano, com produção média de 6000 kg/ha;
 Rendimento em óleo essencial: 2%;
 Produção média adotada: 6000 kg/ano.ha.

Investimento inicial: aquisição da terra: R\$ 2000,00/ha, no interior do Paraná. Valor não remunerado e não depreciado: a terra tem sua própria valorização.

Os custos envolvidos na implantação, produção e corte de *Eucalyptus smithii* para a obtenção de óleo essencial assim como os custos envolvidos no processo, como os custos de equipamentos, energia, mão-de-obra, materiais e obras civis estão expressos no apêndice 32.

5.5.2 – Custos do Óleo Essencial de *Eucalyptus smithii*

Considerando-se a produção de 2,00 % de rendimento em óleo essencial do material coletado, tem-se que:

$$1000 \text{ kg} \times 0,02 = 20 \text{ kg de óleo/tonelada de folhas destiladas}$$

Custos da produção de óleo essencial = $88,25/20 = \text{R\$ } 4,41/\text{kg}$ (preço sem imposto) = **US\$ 1,91/kg** de óleo essencial produzido, ou seja, a produção é viável, pois os preços médios anuais de exportação, para cada quilograma de óleo essencial de eucalipto, têm atingido nos últimos 10 anos, os valores de US\$ 4,37 a US\$ 11,47.

O óleo essencial de eucalipto, com a finalidade de exportação, não apresenta tributos. Porém, o óleo essencial de eucalipto importado apresenta a incidência direta de tributos sobre o produto, tais como o IPI (5%) e o Imposto sobre Importação (13,5%).

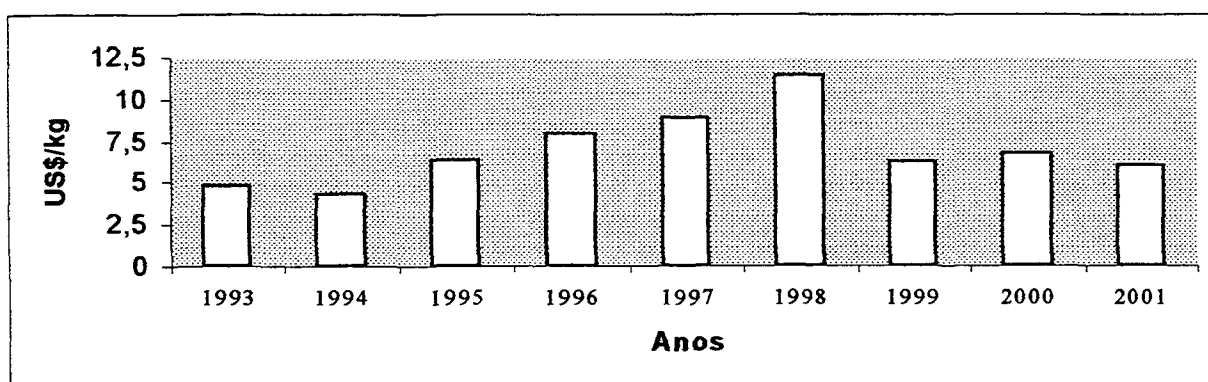
Países como a Espanha importam em grande quantidade o óleo essencial de *Eucalyptus smithii* (SMALL, 1986) e outros como Angola (COSTA, 1986) e África do Sul já empregam este óleo essencial em grande quantidade a partir de plantações próprias (ITC, 1986), além desta espécie já apresentar o óleo essencial explorado em diversos outros países.

O óleo essencial desta espécie, produzido no Paraná, pode agregar valores para o Estado, podendo ser favorável sua utilização para a obtenção de óleo essencial. O *Eucalyptus smithii* pesquisado na cidade de Colombo-PR apresenta-se de acordo com o *E. smithii* (PENFOLD, 1965) referente aos óleos essenciais de eucaliptos ricos em 1,8-cineol.

Mesmo apresentando o isovaleraldeído, um aldeído indesejável para o uso medicinal, a qualidade do óleo essencial pode ser melhorada através da retificação do mesmo eliminando-se esta substância e, conseqüentemente valorizando o produto final.

Quanto à utilização desta espécie para a obtenção de óleo essencial no Paraná, *Eucalyptus smithii* pode apresentar ótimo desenvolvimento, viabilizando sua utilização. Por exemplo, o arboreto da *Embrapa Florestas*, em Colombo-PR, possui árvores de *E. smithii* procedentes de Mt Dromedary - NSW, Latitude 36° 17'S, Longitude 150°03' e altitude de 305 metros plantadas em 9 de março de 1984 oriundos do lote de sementes de número 12131, com 4650 sementes viáveis por 10 g. Estas árvores, aos 9 anos de idade, apresentaram 80% de sobrevivência, com altura média de 24,35 m e DAP médio de 21,12 cm. Num lote da Fazenda Experimental da UFPR, em Rio Negro/PR, há dezenas de árvores de *E. smithii* plantadas em 1968, com espaçamento de 2x2 m, com ótimo desenvolvimento, onde várias destas apresentando DAP em torno de 60 cm, sob a identificação T60, S304.

GRÁFICO 13 – PREÇOS MÉDIOS ANUAIS (US\$/kg) DO ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO EXPORTADO PELO BRASIL DE 1992 A 10/2001



6 CONCLUSÕES

O *Eucalyptus smithii* apresenta estrutura anatômica do lenho e da casca homogênea. Na casca observou-se a presença de cavidades secretoras, no entanto no lenho não foi encontrado nenhuma estrutura semelhante, apenas bolsas de quino. A anatomia das folhas juvenis e adultas revela que estas possuem mesófilo com numerosas cavidades secretoras que também foram observadas no parênquima cortical dos ramos terminais jovens e adultos.

As análises fitoquímicas revelaram nas folhas verdes e oxidadas, lenho e casca, a presença de compostos como: glicosídeos flavônicos, glicosídeos saponínicos, taninos, esteróides e/ou triterpenos, podendo ser explorados nas indústrias químicas e farmacêuticas.

Nas extrações realizadas com diferentes materiais vegetais de *Eucalyptus smithii*, foi constatado que a umidade do material vegetal, tomada em termos de massa absoluta de material úmido, tem influência no rendimento do óleo essencial. O material juvenil apresentou maior teor de umidade do que o material adulto. O tempo de armazenamento do material vegetal ao ar ou ao frio, não interferiu nas características físico-químicas do óleo essencial. Houve alteração do odor no material quando em estado de mofo.

Os rendimentos sazonais do óleo essencial, obtidos a partir de equipamento ABNT, revelaram que as amostras das estações de primavera e de inverno apresentaram os maiores rendimentos. O material adulto apresentou maiores rendimentos que o material juvenil que foi equivalente somente nas estações de outono e inverno. O material com fungos (mofado) apresentou menor rendimento em óleo essencial do que o material verde ou sadio. As folhas adultas puras apresentaram os maiores rendimentos. Quanto maior a quantidade de ramos presentes no material a ser extraído menor é o rendimento em óleo essencial por este material apresentar menor teor de óleo essencial. As amostras da árvore 5, estudadas sazonalmente, apresentaram os maiores rendimentos e as árvores 1 e 2 os menores.

Com relação à eficiência dos sistemas de extração de óleo essencial empregados, tanto o destilador padronizado pela ABNT, como o Clevenger Básico não apresentaram diferenças significativas estatisticamente a 95% de probabilidade. Também não houve diferença significativa de rendimentos da destilação a partir de diferentes quantidades das extrações (100 g, 200 g, 300 g e 400 g). No entanto, observa-se que o método ABNT apresenta a tendência a uma maior eficiência na extração.

Quanto às características físico-químicas sazonais do óleo essencial, não houve diferença significativa, tanto entre os materiais vegetais, como entre as estações do ano para a

densidade relativa (d_{20}^{20}). O índice de refração (n_D^{20}) referente às folhas juvenis + ramos terminais e às folhas adultas + ramos terminais mofados apresentou valores superiores aos dos materiais adultos: folhas adultas e folhas adultas + ramos terminais. A solubilidade do óleo essencial, para todos os materiais, aumentou com o aumento da concentração de etanol, passando de cerca de 3:1 em etanol 70% a 1:1 com etanol 96,5%, não sendo verificado diferenças em destaque entre os diferentes materiais pesquisados e as estações do ano.

Os índices físico-químicos referentes ao índice de refração (n_D^{20}) e à rotação óptica (α_D^{20}) apresentaram-se totalmente concordantes com as especificações internacionais para óleos essenciais de eucaliptos ricos em 1,8-cineol e, tanto a densidade relativa (d_{20}^{20}), como a solubilidade em etanol a 70% apresentaram-se concordantes ou próximas da maioria destas especificações. A rotação óptica do óleo essencial de *Eucalyptus smithii* caracterizou-se por ser positiva, ou seja, o óleo essencial é dextrógiro.

As frações extraídas do óleo essencial em diferentes tempos, apresentaram colorações diferentes, sendo branco opaco nos primeiros 10 minutos (FRA1o); levemente amarelado de 10 a 40 minutos (FRA2o); amarelado de 40 minutos a 1 hora e 40 minutos (FRA3o) e amarelo esverdeado na fração de 1 hora e 40 minutos a 5 horas de extração (FRA4o). Observou-se que o índice de refração aumentou com avanço do tempo de extração. A densidade relativa e a solubilidade em etanol 70% diminuíram. Esta solubilidade aumentou com a concentração de etanol. Da primeira (FRA1o) à terceira fração (FRA3o), ainda ricas em 1,8-cineol, as características físico-químicas do óleo essencial se enquadram nas especificações. No entanto, a última fração obtida (FRA4o) apresentou a maioria das características físico-químicas distantes dos valores recomendados por estas especificações.

Considerando diferentes tempos de extração: 10 minutos e de hora em hora (1, 2, 3, 4 e 5 horas), conclui-se que a extração se processa mais rapidamente no início, na qual cerca de 40 % do óleo essencial de *Eucalyptus smithii* foi extraído nos primeiros 10 minutos; 81% até a primeira hora; 92,11% até a segunda hora; 96,98% até a terceira hora; 98,28% até a quarta hora e; 100% até a quinta e última hora. As diferentes quantidades de material (100 g, 200 g, 300 g e 400 g) utilizadas nos balões extratores apresentaram evolução percentual de rendimentos equivalentes nas extrações do óleo essencial e nos diferentes tempos.

O óleo essencial das diferentes partes vegetais de *Eucalyptus smithii* apresentaram, ao todo, 52 componentes, cujas principais funções foram os álcoois (19) e os hidrocarbonetos (12), seguidos de cetonas (4), fenol (1), éter (1) e 13 componentes não identificados. O 1,8-cineol foi o único componente de função éter, mas representou a maior parte do óleo

essencial, acima de 70%. As folhas adultas apresentaram 31 componentes, as folhas adultas + ramos terminais com 34, folhas adultas + ramos terminais com desenvolvimento de fungos com 24 e os ramos terminais com desenvolvimento de fungos com 43. Quanto as frações das folhas adultas, a fração de 0 a 10 minutos apresentou 13 componentes, a fração de 10 a 40 minutos com 8, a fração de 40 minutos a 1 hora e 40 minutos com 31 e a fração de 1 hora e 40 minutos a 5 horas com 24 componentes. Os principais componentes do óleo essencial foram: isovaleraldeído, α -pineno, 1,8-cineol, γ -terpineno, *trans*-pinocarveol e α -terpineol presentes em todas as partes vegetais estudadas e nas frações; seguidos de β -pineno, terpinoleno, terpinen-4-ol, β -eudesmol, 10-epi- γ -eudesmol, α -felandreno, espatulenol, globulol e viridiflorol. O isovaleraldeído indica o óleo essencial necessita de retificação.

Na pesquisa sazonal do teor de 1,8-cineol do óleo essencial as folhas adultas apresentaram maior teor no verão (85,16%), seguido pelo outono (82,34%), primavera (80,44%) e inverno (78,25%). O mesmo ocorreu com as folhas juvenis + ramos terminais: verão (84,47%), seguido de outono (81,43%) e inverno (70,72%) por último. Para as folhas adultas + ramos terminais com desenvolvimento de fungos não houve diminuição do teor de 1,8-cineol (83,25%) em relação ao material verde. Os ramos terminais adultos, obtidos no inverno, apresentaram 67,60% de 1,8-cineol. Nas frações do óleo essencial, o teor de 1,8-cineol, nas folhas adultas, decresceu com o tempo de extração: de 0 a 10 minutos (93,08%), 10 minutos a 40 minutos (90,07%), 40 minutos a 1 hora e 40 minutos (80,00%) e, 1 hora e 40 minutos a 5 horas de extração (38,24%).

O óleo essencial da casca apresentou características físico-químicas fora das especificações para óleos essenciais de eucaliptos ricos em 1,8-cineol, porém as folhas juvenis e os ramos terminais juvenis apresentaram-se dentro da maioria destas.

O óleo essencial de *Eucalyptus smithii* da região de Colombo – PR, tanto de material adulto como de material juvenil, obedece as especificações internacionais exigidas para óleos essenciais de eucaliptos ricos em 1,8-cineol, sendo indicada a sua incorporação junto à Farmacopéia Brasileira, como espécie de eucalipto cultivada no Brasil, fonte de 1,8-cineol, assim como o *E. globulus*. A exploração de *E. smithii* para a obtenção de óleo essencial é economicamente viável, nesta região. As estações mais quentes apresentaram-se mais favoráveis para a exploração de óleo essencial, nas quais a primavera apresentou os maiores rendimentos em óleo essencial e a estação de verão os maiores percentuais de 1,8-cineol, sendo esta última estação a mais indicada para a colheita do material vegetal para a exploração do óleo essencial devido também a maior produção de biomassa.

7 RECOMENDAÇÕES

Para fins botânicos recomendam-se estudos ontogenéticos para se descobrir a real origem das cavidades secretoras das folhas, dos ramos terminais e da casca de *Eucalyptus smithii*, pois diversos autores citam diferentes origens lisígena ou esquizógena para estas partes vegetais. Os estudos ontogenéticos são, também recomendados com relação às regiões de bifurcações dos ramos terminais que apresentaram compostos fenólicos abundantes, ao contrário dos ramos terminais sem bifurcação.

São recomendados estudos de melhoramento genético, pois há variação individual do óleo essencial de *Eucalyptus smithii*, entre árvores, quanto ao rendimento e quanto ao teor de 1,8-cineol.

Realização de cromatografias adicionais para o óleo essencial de *Eucalyptus smithii*, estudos da casca e análise da variação em rendimento e teor de 1,8-cineol da primeira coleta de material juvenil até o corte o final.

Estudos farmacológicos para o óleo essencial de *Eucalyptus smithii* são recomendados para que o mesmo possa ser incluído na Farmacopéia Brasileira.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 5780**: amostragem de óleos essenciais, método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984a. 4p.
- ABNT. **NBR 5781**: preparo de amostras de óleos essenciais, procedimento. Rio de Janeiro, 1984b. 2p.
- ABNT. **NBR 5783**: óleos essenciais, determinação da rotação óptica e rotação óptica específica, método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987. 3p.
- ABNT. **NBR 5784**: óleos essenciais, determinação da massa específica e densidade relativa, método de ensaio. Rio de Janeiro, 1985a. 3p.
- ABNT. **NBR 5785**: óleos essenciais, determinação do índice de refração, método de ensaio. Rio de Janeiro, 1985b. 2p.
- ABNT. **NBR 11916**: óleos essenciais, determinação do teor de óleo volátil, método de ensaio. Rio de Janeiro, 1991. 3p.
- ALFONSO, V.A. **Caracterização anatômica do lenho e da casca das principais espécies de *Eucalyptus* L'Hérit, cultivadas no Brasil**. São Paulo, 1987. 188f. Tese (Doutorado em Botânica) – Instituto de Biociências da USP.
- APPA. Relatório resumido dos trabalhos desenvolvidos pela comissão de estudos de *Mentha arvensis*. São Paulo, 1959. 8p.
- ATKINSON, P.R.; NIXON, K.M.; SHAW, M.J.P. On the susceptibility of *Eucalyptus* species and clones to attack by *Macrotermes natalensis* Haviland (Isoptera: Termitidae). **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.48, n.1-2, p.15-30, 1992.
- BAILEY, I.W.; TUPPER, W.W. Size variation in tracheary cells. A comparison between the secondary xylems of vascular cryptogams, gymnosperms and angiosperms. **Proceedings of American Academic Arts and Science**, v.54, p.149-204, 1918.
- BARROS, C.B. Normalização de óleos essenciais. In: SIMPÓSIO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 1., 1985, São Paulo. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1986. p.1-4.
- BARTON, A. **Industrial uses of *Eucalyptus* oil**. Disponível em: <<http://www.oilmallee.com.au/BARTON.doc>>. Acesso: 06 jun. 2001.
- BASSANI, C. **Métodos de análises de óleos essenciais adotados no IPT**. São Paulo: IPT, 1971. 46p.
- BAYLEY, A.D.; SNELL, C.J. The effect of nursery growing regime, seedling age, handling and planting methods on post-planting survival of *E. smithii* seedlings. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF *Eucalyptus*. **Anais...** Salvador. 1997. v.3.

BENNET, H.S. et al. Science and art in preparing tissues embedded in plastic for light microscopy with special reference to glycol methacrylate, glass knives and simple stains. **Stain Technology**, Baltimore, v.55, n.1, p.71-97, 1976.

BERLYN, G.P.; MIKSCH, J.P.P. **Botanical microtechnique and citochemistry**. Iowa: State University, 1976.

BICK, L.F. Os óleos essenciais e sua aplicação na indústria alimentícia In: SIMPÓSIO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 1., 1985, São Paulo. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1986. p.111-117.

BIDÁ, A. **Óleo essencial de folhas de *Nectandra grandiflora* Nees. Et Mart. Ex Nees**. Curitiba, 1985. 100f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

BIGNELL, C.M.; DUNLOP, P.J.; BROPHY, J.J. Volatile leaf oils of some South-western and Southern Australian species of the Genus *Eucalyptus* (Series 1). Part XIX. **Flavour and Fragrance Journal**, Chichester, v.13, p.131-139, 1998.

BOLAND, D.J. et al. **Forest trees of Australia**. Melbourne: Nelson-CSIRO, 1984. 687p.

BOLAND, D.J.; BROPHY, J.J.; HOUSE, A.P.N. **Eucalyptus leaf oils: use, chemistry, distillation and marketing**. Melbourne: Inkata, 1991. 252p.

BRAGA, H.C. **Os óleos essenciais do Brasil, estudo econômico**. Rio de Janeiro: Instituto de Óleos, 1971. 158p.

BRILHO, R.C. Os óleos essenciais e a operação de destilação. **O Estado de São Paulo**, 23 março 1966. Suplemento Agrícola. p.5. 23/mar./1966.

BRITISH Pharmacopoeia. London: General Medical Council, 1968. p.1273-1276.

BRITO, C.J.F.A.; ALQUINI, Y. A new method for staining botanical material embedded in glycol methacrylate (GMA). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v.39, n.4, p.949-951, 1996.

BROOKER, M.I.H.; KLEINIG, D.A. **Field guide to *Eucalyptus***. Melbourne: Inkata, 1990. v.2.

BRUNETON, J. **Elementos de fitoquímica y de farmacognosia**. Zaragoza: Acribia, 1991. 594p.

BRYANT, L.H. Variations in oil yield and oil composition in some species of *Eucalyptus* and Tea trees. **Forestry Abstracts**, Oxford, v.13, n.1, p.107-108, 1951.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991.154p.

BUSBY ESSENTIAL OILS. Disponível em: <<http://www.busbyoils.co.za/print.htm>>. Acesso: 02 jun. 2001.

CAMARA, S.A. **Manual de farmacologia prática**. São Paulo: Atheneu, 1967. p.40-57.

CARNEGIE, A.J. et al. *Mycosphaerella* diseases of juvenile foliage in a *Eucalypt* species and provenance trial in Victoria, Australia. **Australian Forestry**, Camberra, v.61, n.3, p.190-194, 1998.

CARR, D.J.; CARR, S.G.M. ***Eucalyptus* I. New or little known species of the Corymbosae**. Camberra: Phytoglyph, 1985.

CARR, S.G.M.; CARR, D.J. Oil glands and ducts in *Eucalyptus* L'Hérit. I. The phloem and the pith. **Australian Journal of Botany**, Victoria, v.17, p.471-513, 1969.

CARVALHO, J.L.S. **Contribuição ao estudo fitoquímico e analítico do *Nasturtium officinale* R.BR., Brassicaceae**. Curitiba, 2001. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná.

CASAMADA, S.M. **Farmacognosia con farmacodinâmica**. Barcelona: Científico Medica, 1968. 1.148p.

CHALCAT, J.C. et al. Aromatic plants of Rwanda. II. Chemical composition of essential oils of ten *Eucalyptus* species growing in Ruhande Arboretum, Butare, Rwanda. **Journal of Essential Oil Research**, Wheaton, v.9, n.2, p.159-165, 1997.

CHATTAWAY, M.M. The anatomy of bark. V. *Eucalyptus* species with stringly bark. **Australian Journal of Botany**, Victoria, v.3, n.2, p.165-169, 1955.

CHIPPENDALE, G.M.; JOHNSTON, R.D. **Eucalypts**. Singapore: Tien Mah Litho, 1969. v.1.

CHISOWA, E.H. Chemical composition of essential oils of three species grown in Zambie. **Journal-of-Essential-Oil-Research**, Wheaton, v.9, n.6, p.653-655, 1997.

CLARKE, C.R.E.; SHAW, M.J.P.; WESSELS, A.M. Effect of differences in climate on growth, wood, and pulp properties of nine eucalipt species at two sites. **Tappi Journal**, Atlanta, v.82, n.7, p.89-99, 1999.

COPANT. Madeiras: descripción de características generales macroscópicas y microscópicas de la madeira Angiospermae dicotiledonae. v.30, p.1-19, novembro, 1974.

COPPEN, J.J.W. A sampling study to determine the variability in *Eucalyptus* leaf oil yield and cineole content according to height within a tree and between trees: report on the analysis of oils from leaf samples of *E. smithii* growing in Swaziland. **Natural Resources Institute**, Kent, 1992. 14p

COSTA, A.F. **Elementos da flora aromática**. Lisboa: Junta de Investigações Científicas do Ultramar, 1975. p.187.

COSTA, A.F. **Farmacognosia**. 4.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1986. v.1.

COSTA, A.F. **Farmacognosia**. 3.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1987. v.2.

COSTA, A.F. **Farmacognosia**. 2.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1982. v.3.

CRAIG, J.O. Poisoning by the volatile oils in childhood. **Archives of Disease in Childhood**, London, v.28, p.475-483, 1953.

CRAVEIRO, A.A. et al. **Óleos essenciais de plantas do Nordeste**. Fortaleza: Edições UFC, 1981. 209p.

CUNHA, A.P.; VALE, J.C. Estudo cromatográfico e químico do óleo essencial de *Eucalyptus smithii* R. T. Baker, de Angola. **Garcia de Orta**. Revista da Junta de Investigações do Ultramar, Lisboa, v.17, n.4, p.413-420, 1969.

CUTTER, E.G. **Plant anatomy: part I – cells and tissues**. 2.ed. London: Edward Arnold. 1978.

CUTTER, E.G. **Anatomia vegetal**. 2.ed. São Paulo: Roca, 1986. p.1-191.

DARROW, W.K. Provenance studies of frost-resistant eucalypts in South Africa. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n.129, p.31-38, 1984.

DARROW, W.K. The effect of drought on eucalypt species growing on shallow sites in South Africa. **Institute Commercial Forestry Research Newsletter**, Pietermaritzburg, p.17-20, 1993.

DARROW, W.K. Species trials of frost-tolerant eucalypts in the summer-rainfall zone of South Africa. **Institute Commercial Forestry Research Newsletter**, Pietermaritzburg, p.8-12, 1994.

DICKISON, W.C. The bases of angiosperm phylogeny: vegetative Anatomy. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, St. Louis, v. 62, p. 596-620, 1975.

DIERBERGER, J.E. Diretrizes para o desenvolvimento do setor agroindustrial. In: SIMPÓSIO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 1., 1985, São Paulo. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1986. p.197-199.

DI STASI. **Plantas medicinais: arte e ciência**. São Paulo: UNESP, 1996. 230p.

DLAMINI, G. Australian tree species in Swaziland plantations. Disponível em <http://www.idrc.ca/library/document/074940/chap26_e.html> Acesso: 02 jun. 2001.

DOMÍNGUES, X.A. **Métodos de investigación fitoquímica**. México: Lamusa, 1973. 281p.

DONALÍSIO, M.G.R. Pesquisas sobre plantas aromáticas no Instituto Agrônomo de Campinas. In: SIMPÓSIO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 1., 1985, São Paulo. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1986. p.11-14.

DOOL, H.V.D.; KRATZ, P.D. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v.2, p.463-471, 1963.

DUJARDIN, E.P. Eine neue Holz-Zellulosenfaerbung. **Mikrokosmos**, Jena, n.53, p.94, 1964.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**. Curitiba, 1986. 89p. (Documentos, 17).

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina**. Curitiba, 1988. 113p. (Documentos, 21).

EMIDIO, V.L. **Trabalhando com mapas: o mundo subdesenvolvido**. São Paulo: Ática, 1997. 95p.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. Tradução: Berta Lange de Morretes. São Paulo: E. Blücher, 1976. p.1-223.

EVANS, W.C. **Farmacognosia**. 13.ed. Lisboa: Interamericana-McGraw-Hill, 1991. 901p.

FABROWSKI, F.J. **Abordagem anatômica, químico-qualitativa e botânica da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) e suas variedades populares**. Curitiba, 1998. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

FAHN, A. **Plant anatomy**. 3.ed. Oxford: Pergamon, 1985. p.22-369.

FAO. **Eucalypts for planting**. Rome, 1955. 403p. (FAO Forestry and Forest Products Studies, n.11).

FAO. **Eucalypts for planting**. 2.ed., Rome, 1979. 677p. (FAO Forestry Series, n.11).

FAO. **El eucalipto en la repoblación forestal**. Roma, 1981. 723p. (Colección FAO: Montes, n.11).

FARMACOPÉIA dos Estados Unidos do Brasil. 2ed. São Paulo: Siqueira, 1959. p.937-941.

FARMACOPÉIA Brasileira. 3.ed. São Paulo: Andrei, 1977. p.939-943.

FARMACOPÉIA Brasileira. 4.ed. São Paulo: Atheneu, 1988. pt.1.

FEDER, N.; O'BRIEN, T.P. Plant microtechnique: some principles and new methods. **American Journal of Botany**, Columbus, v.55, n.1, p.123-142, 1968.

FERREIRINHA, M.P. Óleos essenciais de eucaliptos. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DE EUCALIPTO, 2., 1961. São Paulo. **Anais...** São Paulo: FAO, 1961. p.1309-1316.

FLUKA: **Chemika-biochemika analytika 1995/1996**. Buchs, 1995. 1792p.

FONSECA, S.M.; FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P.Y. Resultados e perspectivas do programa de melhoramento genético com eucaliptos, conduzido pelo IPEF, na Região Sul do Brasil. **Boletim Informativo do IPEF**, Piracicaba, v.7, n.21, p.1-37, 1979.

- FORCEN BUENO, M.I. et al. **Análises químicas de aceites essenciais: II**, valorización del 1,8-cineol (eucaliptol) en las esencias officinales. Madrid: INIA. 1983. 34p.
- FOSTER, A.S. **Practical plant anatomy**. New York: Van Nostrand. 1949.
- FRANCESCHI, V.R.; HORNER, H.T. Calcium oxalate crystals in plants. **The Botanical Review**, New York, v.46, n.4, p.361-427, 1980.
- FRANCO, L.L. **As sensacionais 50 plantas medicinais, campeãs de poder curativo**. 4.ed. Curitiba: O Naturista, 1999. v.1.
- FRANICH, R.A. Essential oil composition of juvenile leaves from coppiced *Eucalyptus nitens*. **Phytochemistry**, Elmsford. v.25, n.1, p.245-246, 1986.
- FRANKLIN, G.L. A rapid method of softening wood for microtome sectioning. **Australian Journal of Botany**. Victoria, v.33, p.393-408, 1946.
- FREED, R.; EISENSMITH, S.P.; GOETZ, S. et al. **User's guide to Mstat-C East Lansing**. Michigan State University. 1991. 400p.
- FREUND, H. **Handbuch der mikroskopie in der technik**. Frankfurt: Umschan Verlag, 1970. v.5, pt.2.
- GALANTI, S. **Produção de óleo essencial do *Eucalyptus citriodora* Hooker, no município de Torrinha, estado de São Paulo**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 50p (Monografia).
- GOLFARI, L. O problema do cancro do eucalipto causado por *Diaphorthe cubensis* Bruner, sob o ponto de vista ecológico. **Brasil Florestal**, Brasília, v.6, n.23, p.3-8, 1975.
- GOTTLIEB, O.R.; SALATINO, A. Função e evolução de óleos essenciais e de suas estruturas secretoras. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.39, n.8, 1987.
- GRIN Taxonomy. **Accepted homotypic binomials from GRIN to be added to stabilized list**. Disponível em <<http://www.ars-grin.gov/~sbmljw/istarpt5a.html>> Acesso: 12 mai. 2002.
- GUENTHER, E. History-origin in plants, production-analysis. In: **The essential oils**. 4.ed. New York: Van Nostrand, 1960. v.1.
- GUENTHER, E. Individual essential oils of the plant family Myrtaceae. In: _____ **The essential oils**. 4.ed. New York: Van Nostrand, 1965. v.4.
- GUENTHER, E.; ALTHAUSEN, D. The constituents of essential oils. In: _____ **The essential oils**. 4.ed. New York: Van Nostrand, 1963. v.2.
- HIGA, R.C.V. et al. Comportamento de vinte espécies de *Eucalyptus* em área de ocorrência de geadas na Região Sul do Brasil. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997. Salvador. **Anais...** Salvador. 1997. v.1, p.106-110.

HUORAN, W.; ZEPING, J.; HONG, Y. **Australian trees grown in China**. Camberra: ACIAR, 1994. p.19-25.

IAWA. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v.10, n.3, p.219-332, 1989.

IGARASHI, T. Obtenção de derivados de óleos essenciais. In: SIMPÓSIO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 1., 1985, São Paulo. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1986. p.73-109.

ITC. **Essential oils and oleoresins: a study of selected producers and major markets**. Geneva: ITC. 1986, 208p.

JENNINGS, W.; SHIBAMOTO, T. **Qualitative analysis of flavor and fragrance volatiles by glass capillary gas chromatography**. New York: Academic, 1980. 472p.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw Hill Book, 1940. 522p.

JUNIKKA, L. Survey of english macroscopic bark terminology. **IAWA Journal**, Leiden, v.15, n.1, p.3-45, 1994

KIEFER, H. Exploração de plantas aromáticas e óleos essenciais. In: SIMPÓSIO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 1., 1985, São Paulo. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1986. p.15-20.

KLOCK, U. **Química da madeira**. Curitiba: FUPEF, Série Didática n.4, 1995. 65p.

KOEHLER, H.S. **Manual de uso do programa MSTAT**. Curitiba: UFPR/SCA – Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo. 1996. 38p.

KOKETSU, M.; GONÇALVES, S.L. **Óleos essenciais e sua extração por arraste a vapor**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/RJ, 1991. 24p. (Documentos, 8).

KRAUS, J.E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: EDUR, 1997, p. 125.

LAVABRE, M. **Aromaterapia: a cura pelos óleos essenciais**. Rio de Janeiro: Record, 1992. 172p.

LI, H.; MADDEN, J.L.; POTTS, B.M. Variation in volatile leaf oils of the Tasmanian *Eucalyptus* species I. Subgenus *Monocalyptus*. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, v.23, n.3, p.299-318, 1995.

LI, H.; MADDEN, J.L.; POTTS, B.M. Variation in volatile leaf oils of the Tasmanian *Eucalyptus* species II. Subgenus *Symphyomyrtus*. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, v.24, n.6, p.547-569, 1996.

LIDE, D.R. **CRC handbook of chemistry and physics 1999-2000**. 80.ed. Boca Raton: CRC. 1999.

LUNDQUIST, J.E.; FOREMAN, T.C. A leaf blight of *Eucalyptus* seedlings in South African nurseries caused by *Hainesia lythri*. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n.136, p.22-25, 1986.

MAGALHÃES, M.T. In: SIMPÓSIO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 1., 1985, São Paulo. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1986. p.21-25.

MARCHIORI, J.N.C. **Estudo anatômico do xilema secundário de algumas espécies dos gêneros *Acacia* e *Mimosa* no Estado do Rio Grande do Sul**. Curitiba, 1980. 186f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

MARCHIORI, J.N.C.; SOBRAL, M. **Dendrologia das angiospermas: myrtales**. Santa Maria: UFSM, 1997. 304p.

MARQUES, S.C. Óleos Essenciais. In: **Manual do engenheiro globo**. Rio de Janeiro: Globo, 1965. v.6, t.2. p.669-702.

MAURINTO. **Geografia - Mapa Mundi**: continentes. Disponível em <<http://www.maurinto.pro.br/mapas/continentes.htm>> Acesso: 12 jun. 2002.

MENCK, A.L.M.; ODA, S.; MARCHI, E.L. Influência do sistema de coleta de botões florais na viabilidade de pólen de *Eucalyptus* spp. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, v.43/44, p.20-23. 1990.

THE MERCK INDEX: an encyclopedia of chemicals, drugs and biologicals. 11.ed. Rahway, 1989.

METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**. 2.ed. Oxford: Clarendon, 1988. v.1.

MODESTO, Z.M.M.; SIQUEIRA, N.J.B. **Botânica**. São Paulo: EPU, 1981.

MOLLAN, T.R.M. et al. **Extração de óleos essenciais: a influência do tempo de destilação sobre o rendimento e a qualidade**. São Paulo: IPT, 1965, 48p.

MORAIS, S.M. et al. Óleos essenciais de plantas brasileiras: estudo químico, atividade bactericida e possível utilização em cimentos dentários. **Revista Brasileira de Farmácia**, Rio de Janeiro, v.77, n.2, p.42-44, 1996.

MOREIRA, E.A. et al. O óleo essencial de *Eucalyptus cinerea* F.V.M. aclimatado no estado do Paraná-Brasil. **Tribuna Farmacêutica**, Curitiba, v.48, n.1-2, p.44-54, 1980.

MORI, A.M. et al. Utilização de resinas à base de taninos da casca de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maden na produção de painéis compensados. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v.23, n.4, p.455-461, 1999.

MORITA, T.; ASSUMPÇÃO, R. **Manual de soluções, reagentes e solventes**. 2.ed. São Paulo: E. Blucher, 1972. p.220.

MOURA, V.P.G. **Recursos genéticos: o gênero *Eucalyptus* foi reduzido em número de espécies e criado *Corymbia*.** Disponível em <http://www.giacometti.org.br/html_e/articles/article012.htm> Acesso: 12 mai. 2002.

MUÑIZ, G.I.B.; CORADIN, V.R. **Normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira: I – Angiospermae, II – Gimnospermae.** Brasília: Laboratório de Produtos Florestais, 1991. (Série Técnica, n.15).

NAKASHIMA, T. **Manual prático de fitoquímica.** Curitiba: Departamento de Farmácia - UFPR, 1993. 25p. (Apostila).

NATURE'S GIFT. **Essential oil descriptions.** Disponível em <<http://www.naturesgift.com/essential/descriptione-g.htm>> Acesso: 13 jan. 2001.

NAVES. **Helvetica Chimica Acta**, Basel, v.46, p.1480, 1963.

OLIVEIRA, F.; AKISUE, G.; AKISUE, M.K. **Farmacognosia.** São Paulo: Atheneu. 1991. p.52-57.

OSSE, L. As culturas de eucaliptos da Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira. In: SEGUNDA CONFERÊNCIA MUNDIAL DE EUCALIPTO. **Anais...** São Paulo: FAO, 1961. v.1.

PARSONS, W.A. The genus *Euca* and its value to flavours. **Food-Tecnology-International**, London, p.163-167, 1993.

PENFOLD, A.R. Australian *Eucalyptus* oils. In: GUENTHER, E. **The essential oils.** 4.ed., v.4. New York: Van Nostrand, 1965.

PENFOLD, A.R.; WILLIS, J.L. The eucalyptus. **World Crop Séries.** London: L. Hilll. 1961.

PERRY, R.H.; GREEN, D.W.; MALONEY, J.O. Densities of pure substances. In: **Perry's chemical engineer's handbook.** 7.ed. New York: McGraw Hill, 1997. Table 2-28.

PETERS, M.S.; TIMMERHAUS, K.D. **Plant design and economics for chemical engineers.** 3.ed. Aucland: McGraw Hill, 1985. p.632-792.

PHARMACOPEA Helvetica. 7.ed. Berne: Département Fédéral de l'Intérieur, 1993. Suppl. 1990. v.4.5.6.

PHARMACOPÉE Européenne. 3.ed. Strasbourg: Conseil de l'Europe, 1997. p.121-122.

PHOENIX NATURAL PRODUCTS LTD. **Material safety data sheet according to EC Legislation 91/155/E EC.** Disponível em <http://www.phoenixuk.com/Eucalyptus_Smithii.htm> Acesso: 02 jun. 2001.

PINHEIRO, A.L. **Considerações sobre taxonomia, filogenia, ecologia, genética, melhoramento florestal e a fertilização mineral e seus reflexos na anatomia e qualidade da madeira.** Viçosa, MG: SIF, 1999. 144p.

PINTO, A.J.D. Histórico da associação brasileira de pesquisas sobre plantas aromáticas e óleos essenciais – A.P.P.A. In: SIMPÓSIO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 1., 1985, São Paulo. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1986. p.5-13.

PRICE, S. **Guia prático de aromaterapia**. 2.ed. São Paulo: Siciliano. 1987. 160p.

PRYOR, R.D.; JOHNSON, L.A.S. **A classification of the *Eucalyptus***. Camberra: The Australian National University. 1971. 101p.

QUILHÓ, T.; SARDINHA, R.A. Bark anatomy of *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae). **Silva Lusitana**, Lisboa, v.3, n.2, p.173-189, 1995.

QUILHÓ, T.; PEREIRA, H. Variabilidade dos tecidos da casca de *E. globulus* Labill., de diferentes procedências. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997. Salvador. **Anais...** Salvador. 1997.v.1, p.397-402.

QUILHÓ, T.; PEREIRA, H.; RICHTER, H.G. Variability of bark structure in plantation-grown *Eucalyptus globulus*. **IAWA Journal**, Leiden, v.20, n.2, p.171-180, 1999.

READER'S DIGEST. **Segredos e virtudes das plantas medicinais**. Lisboa: Reader's Digest, 1993. 463p.

RICHTER, H.G. et al. **Padronização de critérios para a descrição anatômica da casca**: lista de características e glossário de termos. São Paulo: IF.1996. p.1-25 (Série Registros, n.16).

RIZZINI, C.T.; MORS, W.B. **Botânica econômica brasileira**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1995. 248p.

ROBBERS, J.E.; SPEEDIE, M.K.; TYLER, V.E. **Farmacognosia e farmacobiotechnologia**. São Paulo: Premier, 1997. 372p.

ROSE, J. **O livro da aromaterapia**. Rio de Janeiro: Campus, 1995. 315p.

ROTH, I. **Structural patterns of tropical barks**. Handbuch der Pflanzenanatomie. v.9, pt.3. Berlin: G. Borntraeger. 1981. 609p.

SAKAI, W.S. 1973. Simple method for differencial staining of parafin embedded plant material using toluidine blue). **Stain Technology**, Baltimore, v.43, n.5, p.247-249, 1973.

SAMPAIO, A.N. **Os eucaliptos no Brasil**. Aracruz: Aracruz Celulose.1975. 33p.

SANTOS, F.A. **Estudo farmacológico de 1,8-cineol, um óxido terpênico presente em óleos essenciais de plantas**. Fortaleza, 1999. 223f. Tese (Doutorado em Farmacologia) – Departamento de Fisiologia e Farmacologia da Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Ceará.

SANTOS, S.R.; LABATE, G.; SILVA, A.C.M. Considerações sobre a produção do óleo essencial do *Eucalyptus citriodora* Hooker, no estado de São Paulo. **Boletim da APPA**, São Paulo, p.5-14. 1961.

SASS, J.E. **Botanical microtechnique**. 2.ed. Iowa: State Colellege, 1951.

SCHÖNAU, A.P.G.; PURNELL, R.C. A different approach to site evaluation and some preliminary results. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n.141, p.19-25, 1987.

SCHÖNAU, A.P.G.; BODEN, D.I. Preliminary biomass studies in young eucalypts. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n.120, p.24-28, 1982.

SCHÜLER, E.F. **Fitoterapia: a terapêutica natural**. 2.ed. Porto Alegre: Pallotti, p.58-71. 1987.

SILVA, J.C. Eucalipto: a madeira do futuro. **Revista da Madeira**. Especial. Curitiba, setembro, 114p, 2001.

SILVA, L.M.S.; BRITO, J.O. Estudo da viabilidade do uso de espécies de *Eucalyptus* para obtenção de óleo essencial. Disponível em <http://www.usp.br/siicusp/8osiicusp/resumos/ficha2527.htm> Acesso: 02 jun. 2001.

SILVESTRE, A.J.D. et al. Analysis of the variation of the essential oil composition of *Eucalyptus globulus* Labill. from Portugal using multivariate statistical analysis. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.6. p.27-33, 1997.

SIMMONS, D.; PARSONS, R.F. Seasonal variation in the volatile leaf oils of two *Eucalyptus* species. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, v.15, p.209-210, 1987.

SMALL, B.E.J. The australian *Eucalyptus* oil industry: an overview. **Australian Forestry**, Camberra, v.44, n.3, p.170-177, 1981.

SMITH, H.; KEMP, G.H.I.; WINGFIELD, M.J. Canker and die-back of *Eucalyptus* in South Africa caused by *Botryosphaeria dothidea*. **Plant Pathology**, London, v.43, n.6, p.1031-1034, 1994.

SMITH, H.; WINGFIELD, M.J.; COUTINHO, T.A. The canker pathogen *Botryosphaeria dothidea*, as an endophyte of *Eucalyptus spp.* in South Africa. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, Salvador. **Anais...** Salvador. 1997. v.3. p.381-386.

SUÁZEZ, V.V.M. Contribuição histórica para o conhecimento do eucalipto como planta tanífera. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DE EUCALIPTO, 2., 1961, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FAO, 1961. p.1327-1328.

TIPPET, J. Formation and fate of kino veins in *Eucalyptus* L'Hérit. **IAWA Bulletin**, Leiden, v.7, n.2, p.137-143, 1986.

TISSERAND, R.; BALACS, T. **Essential oil safety: a guide for health care professionals**. New York: C. Livingstone, 1995. 279p.

TRIAD. **Essential oils in detail**. Disponível em <<http://www.triad.fsnet.co.uk/oils-detailed.htm>> Acesso: 13 jan. 2002.

TROCKENBRODT, M. Survey and discussion of the terminology used in bark anatomy. **IAWA Bulletin**, Leiden, v.11, n.2, p.141-166, 1990.

UNIVERSITY OF SYDNEY LIBRARY. **The forest flora of New South Wales**, v.7, Part LXX, n.274, p.435-437. Disponível em <<http://setis.library.usyd.edu.au/pubotbin/toccer-new.../otetag=badhamepart=61edivision=div>> Acesso: 02 jun. 2001.

VALE, J.C.; CUNHA, A.P. A importância econômica do eucalipto do Continente e características analíticas do seu óleo essencial. **Boletim da Faculdade de Farmácia**, Coimbra, p.83-101. 1971.

WANG, W.; WANG, W.H. Species and provenance selection for *Eucalyptus* leaf oils production. **Forest-Research**, v.10, n.1, p.104-107, 1997.

WANG, H. WANG, Z.; XIE, P. Genetic and environmental variations of eucalypt leaf oils. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Anais...** Salvador, 1997. v.1, p.213-218.

WASICKY, R. Uma modificação do aparelho de cleverger para extração de óleos essenciais. **Revista da Faculdade de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v.1, n.1, p.1-112, 1963.

WILDE, S.A. **Munsell color charts for plant tissues**. 2.ed. Baltimore: Wisconsin University. 1968.

WILDY, D.T.; PATE, J.S.; BARTLE, J.R. Variations in composition and yield of leaf from alley-farmed oil malles (*Eucalyptus spp.*) at a range of contrasting sites in the Western Australian wheatbelt. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.134, n.1-3, p.205-217, 2000.

WILEY Windows: ChemStation Support. New York: J. Wiley e Sons. 1996. 3 CD-ROM.

WOOLF, A. Essential oil poisoning. **Clinical Toxicology**, New York, v.37, n.6, p.721-727, 1999.

XAVIER, A. **Variabilidade genética de óleo essencial e de crescimento em progênies de meio-irmãos de *Eucalyptus citriodora* Hook.** Viçosa - MG, 1993, 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) da Universidade Federal de Viçosa.

YONGQI, Z. et al. Trials of *Eucalyptus smithii* and other eucalypt species in Yunnan Province, China. In: AUSTRALIAN TREE SPECIES RESEARCH IN CHINA, 1994, Camberra. **Anais...** Camberra: Aciar, 1994. p.116-122.

ZRIRA, S.S.; BENJILALI, B. Effect of drying on leaf oil production of Moroccan *E. camaldulensis*. **Journal Essential Oil Research**, Wheaton, n.3, p.117-118, 1991.

ZRIRA, S.S.; BENJILALI, B. Seasonal changes in the volatile oil and cineole contents of five *Eucalyptus* species growing in Morocco. **Journal Essential Oil Research**, Wheaton, n.8, p.19-24, 1996.

DOCUMENTOS CONSULTADOS

ABNT. **NBR-10522**: abreviação na descrição bibliográfica [Rio de Janeiro], 1988.

ABNT. **NBR-6032**: abreviação de periódicos e publicações seriadas. Rio de Janeiro, 1989.

EMBRAPA. Catálogo coletivo de periódicos. Disponível em http://pa.br/servicos/bdpa/frame_bdpa.html> Acesso: 22 mar.2002.

GUSSO, C. S.; NASCIMENTO, E.M. **Manual prático de referências bibliográficas**. Curitiba: UFPR. 6p.

IBICT. Catálogo coletivo nacional de periódicos. Disponível em http://www.ct.ibict.br:82/ccn/owa/ccn_consulta> Acesso: 16 abr. 2002.

IPARDES. **Redação e editoração**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2000. (Normas para apresentação de documentos científicos, v.8).

IPARDES. **Tabelas**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2000. (Normas para apresentação de documentos científicos, v.9).

RONZELLI JR, P. **Projetos de pesquisa, dissertações e teses**: um ensaio prático, Curitiba: IU, 2001. 43p.

UFPR. Sistema de Bibliotecas. **Teses, dissertações, monografias e trabalhos acadêmicos**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2000. (Normas para apresentação de documentos científicos, v.2).

UFPR. Sistema de Bibliotecas. **Referências**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2000. (Normas para apresentação de documentos científicos, v.6).

UFPR. Sistema de Bibliotecas. **Citações e notas de rodapé**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2000. (Normas para apresentação de documentos científicos, v.7).

ULRICH'S on Disc: user's guide. 2.ed. New Providence, 1998. 1 CD-ROM.

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1 -	PRIMEIRO TRATAMENTO: extrações de Primavera	180
APÊNDICE 2 -	SEGUNDO TRATAMENTO: extrações de Verão	181
APÊNDICE 3 -	TERCEIRO TRATAMENTO: extrações de Outono	183
APÊNDICE 4 -	QUARTO TRATAMENTO: extrações de Inverno	185
APÊNDICE 5 -	TEMPOS DE AQUECIMENTO DO DESTILADOR (MINUTOS) ATÉ O COMEÇO DA DESTILAÇÃO	187
APÊNDICE 6 -	DENSIDADES RELATIVAS SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i>	189
APÊNDICE 7 -	ÍNDICES DE REFRAÇÃO E ROTAÇÕES ÓPTICAS SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i>	189
APÊNDICE 8 -	SOLUBILIDADE EM ETANOL DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i>	190
APÊNDICE 9 -	CROMATOGRAFIAS DO 1,8-CINEOL PADRÃO E ANÁLISES PRELIMINARES	191
APÊNDICE 10 -	CROMATOGRAFIAS SAZONAIS DAS FOLHAS ADULTAS PARA O 1,8- CINEOL	192
APÊNDICE 11 -	CROMATOGRAFIAS SAZONAIS DAS FOLHAS ADULTAS MOFADAS (Rp) E DAS FOLHAS JUVENIS SADIAS (Rv, Ro E Ri) AMBAS COM RAMOS TERMINAIS, PARA O 1,8-CINEOL	193
APÊNDICE 12 -	CROMATOGRAFIAS DAS FRAÇÕES SAZONAIS DAS FOLHAS ADULTAS PARA O 1,8-CINEOL	194
APÊNDICE 13 -	CROMATOGRAFIAS DAS FOLHAS + RAMOS TERMINAIS (Ap), RAMOS TERMINAIS (Gi) E CASCA (Ci) PARA O 1,8-CINEOL	195
APÊNDICE 14 -	COMPONENTES IDENTIFICADOS POR GC/MS-MSD DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS ADULTAS DE <i>Eucalyptus smithii</i> coletadas na Primavera (Fp)	196
APÊNDICE 15 -	COMPONENTES IDENTIFICADOS POR GC/MS-MSD DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS ADULTAS + RAMOS TERMINAIS DE <i>Eucalyptus smithii</i> coletados na Primavera (Ap)	197
APÊNDICE 16 -	COMPONENTES IDENTIFICADOS POR GC/MS-MSD DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS ADULTAS + RAMOS TERMINAIS MOFADOS DE <i>Eucalyptus smithii</i> coletados na Primavera (Rp)	198
APÊNDICE 17 -	COMPONENTES IDENTIFICADOS POR GC/MS-MSD DO ÓLEO ESSENCIAL DOS RAMOS TERMINAIS MOFADOS DE <i>Eucalyptus smithii</i> coletados na Primavera (Gp)	199
APÊNDICE 18 -	COMPONENTES IDENTIFICADOS POR GC/MS-MSD DO ÓLEO ESSENCIAL DA FRAÇÃO 1-o: destilada de 0 a 10 minutos das Folhas Adultas de <i>Eucalyptus smithii</i> da coleta de Outono	200
APÊNDICE 19 -	COMPONENTES IDENTIFICADOS POR GC/MS-MSD DO ÓLEO ESSENCIAL DA FRAÇÃO 2-o: destilada de 10 minutos a 40 minutos das Folhas Adultas de <i>Eucalyptus smithii</i> da coleta de Outono	201
APÊNDICE 20 -	COMPONENTES IDENTIFICADOS POR GC/MS-MSD DO ÓLEO ESSENCIAL DA FRAÇÃO 3-o: destilada de 40 minutos a 1 hora e 40 minutos das Folhas Adultas de <i>Eucalyptus smithii</i> da coleta de Outono	202
APÊNDICE 21 -	COMPONENTES IDENTIFICADOS POR GC/MS-MSD DO ÓLEO ESSENCIAL DA FRAÇÃO 4-o: destilada de 1 hora e 40 minutos à 5 horas das Folhas Adultas de <i>Eucalyptus smithii</i> da coleta de Outono	203
APÊNDICE 22 -	ESPECTROS DE MASSAS: 1,8-cineol (1), <i>trans</i> -carveol (2) e α -terpineol (3)	204
APÊNDICE 23 -	ESPECTROS DE MASSAS: terpinoleno (4), γ -terpineno (5) e terpinen-4-ol (6)	205
APÊNDICE 24 -	ESPECTROS DE MASSAS: α -pineno (7), β -pineno (8) e carvotanacetona (9)	206
APÊNDICE 25 -	ESPECTROS DE MASSAS: carvacrol (10), α -felandreno (11) e	

	alloaromadendreno (12)	179
APÊNDICE 26-	ESPECTROS DE MASSAS: isovaleraldeído (13), geraniol (14) e álcool fencol (15) ..	207
APÊNDICE 27-	ESPECTROS DE MASSAS: α -eudesmol (16), β -eudesmol (17) e 10-epi- γ -eudesmol (18)	208
APÊNDICE 28-	ESPECTROS DE MASSAS: borneol (19), canfeno (20) e α -fenqueno (21)	209
APÊNDICE 29-	ESPECTROS DE MASSAS: <i>trans</i> -pinocarveol (22), pinocarvona (23) e espatulenol (24)	210
APÊNDICE 30-	ESPECTROS DE MASSAS: globulol (25), α -tujeno (26) e hinesol (27)	211
APÊNDICE 31-	ESPECTROS DE MASSAS: viridiflorol (28), 1,8-mentadien-4-ol (29) e <i>trans</i> - ρ -menta-1(7),8-dien-2-ol (30)	212
APÊNDICE 32-	CUSTOS PARA A PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i>	213
		214

APÊNDICE 1 - PRIMEIRO TRATAMENTO: extrações de Primavera

Amostra	Clevenger	Data	Início Horas	2Gotas Horas	1Hora (ml)	2Horas (ml)	3Horas (ml)	4Horas (ml)	5Horas (ml)	Rendimentos (%)
A1p	ABNT 100g	30/03/01	09:31h	10:09	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
"	Clevenger Básico 300g	30/03/01	09:31h	09:57	4,80	4,90	5,20	5,30	5,30	1,77
"	" 400g	30/03/01	09:31h	10:09	7,10	7,40	7,60	7,80	7,80	1,95
A2p	ABNT 100g	28/03/01	11:40h	12:13	1,90	2,00	2,00	2,00	2,10	2,10
"	Clevenger Básico 300g	28/03/01	11:40h	12:15	3,80	4,20	4,40	4,60	4,70	1,57
"	" 400g	28/03/01	11:40h	12:18	5,40	6,20	6,30	6,50	6,60	1,65
A3p	ABNT 100g	05/04/01	08:35h	09:14	2,00	2,20	2,30	2,40	2,40	2,40
"	Clevenger Básico 300g	05/04/01	08:35h	09:09	6,30	6,80	7,10	7,20	7,20	2,40
"	" 400g	05/04/01	08:35h	09:11	7,20	8,10	8,20	8,20	8,30	2,08
A4p	ABNT 100g	06/04/01	08:30h	09:06	2,70	2,90	3,10	3,10	3,10	3,10
"	Clevenger Básico 300g	06/04/01	08:30h	08:58	8,10	8,90	9,20	9,30	9,30	3,10
"	" 400g	06/04/01	08:30h	09:03	9,00	11,00	11,50	11,70	11,80	2,95
A5p	ABNT 100g	07/04/01	08:29h	08:59	2,80	3,00	3,20	3,20	3,20	3,20
"	Clevenger Básico 300g	07/04/01	08:29h	08:57	7,70	8,50	8,70	8,90	8,90	2,97
"	" 400g	07/04/01	08:29h	09:02	9,80	11,60	12,30	12,60	12,60	3,15
F1p	ABNT 100g	31/03/01	08:23h	09:02	2,00	2,20	2,30	2,30	2,30	2,30
"	Clevenger Básico 300g	31/03/01	08:23h	08:57	4,80	5,20	5,30	5,30	5,30	1,77
"	" 400g	31/03/01	08:23h	08:57	7,40	8,00	8,10	8,20	8,20	2,05
F2p	ABNT 100g	29/03/01	09:52h	10:31	2,10	2,30	2,40	2,50	2,50	2,50
"	Clevenger Básico 300g	29/03/01	09:52h	10:28	5,80	6,30	6,60	6,80	6,90	2,30
"	" 400g	29/03/01	09:52h	10:31	8,00	8,70	9,00	9,10	9,20	2,30
F3p	ABNT 100g	04/04/01	08:26h	09:06	2,30	2,50	2,60	2,60	2,60	2,60
"	Clevenger Básico 300g	04/04/01	08:26h	09:04	5,30	5,80	6,00	6,20	6,20	2,07
"	" 400g	04/04/01	08:26h	09:12	9,00	9,80	10,00	10,10	10,20	2,55
F4p	ABNT 100g	10/04/01	13:12h	13:44	3,10	3,20	3,30	3,50	3,50	3,50
"	Clevenger Básico 300g	10/04/01	13:12h	13:44	8,40	8,90	9,20	9,30	9,30	3,10
"	" 400g	10/04/01	13:12h	13:46	8,80	10,30	11,00	11,30	11,30	2,83
F5p	ABNT 100g	11/04/01	08:35h	09:03	2,80	3,10	3,30	3,30	3,30	3,30
"	Clevenger Básico 300g	11/04/01	08:35h	09:03	9,00	9,60	9,90	10,20	10,30	3,43
"	" 400g	11/04/01	08:35h	09:06	10,40	12,30	12,90	13,30	13,30	3,33
R1p	ABNT 100g	16/02/01	09:35	10:01	1,60	1,80	1,90	2,00	2,00	2,00
R2p	" "	19/02/01	09:40	10:03	1,30	1,40	1,50	1,60	1,60	1,60
R3p	" "	20/02/01	09:50	10:17	1,00	1,20	1,30	1,40	1,40	1,40
R4p	" "	17/04/01	13:27	13:54	1,10	1,20	1,40	1,50	1,50	1,50
R5p	" "	18/04/01	08:16	08:42	1,70	1,90	2,00	2,10	2,20	2,20
R6p	" "	20/04/01	08:42	09:03	1,40	1,60	1,60	1,70	1,70	1,70
R7p	" "	21/04/01	08:27	08:50	1,30	1,40	1,50	1,60	1,60	1,60
R8p	" "	24/04/01	12:48	13:10	1,20	1,30	1,40	1,40	1,40	1,40
Rp	Clevenger Básico 400g	20/04/01	08:16	08:48	5,20	7,20	7,50	8,00	8,20	2,05
Gp	ABNT 100g	12/04/01	08:15	08:40	0,60	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
"	Clevenger Básico 300g	21/04/01	13:27	13:56	1,00	1,80	1,90	2,00	2,00	0,67
"	" 400g	12/04/01	08:15	08:40	2,10	2,60	2,80	2,90	2,90	0,73

APÊNDICE 2 - SEGUNDO TRATAMENTO: extrações de Verão

Amostra	Clevenger	Data	Início Horas	2Gotas Horas	10min (ml)	1H (ml)	2H (ml)	3H (ml)	4H (ml)	5H (ml)	Rendimentos (%)
A1v	ABNT 100g	02/05/01	08:27	08:50	0,90	1,50	1,60	1,70	1,80	1,80	1,80
"	Clevenger Básico 100g	15/05/01	13:39	13:55	0,60	1,10	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
"	" 200g	02/05/01	08:27	08:47	1,20	2,70	2,90	3,10	3,20	3,20	1,60
"	" 300g	02/05/01	08:27	08:49	1,90	4,30	4,70	4,80	4,90	4,90	1,63
"	" 400g	24/05/01	07:25	07:51	3,00	6,20	6,60	6,70	6,80	6,90	1,73
A2v	ABNT 100g	27/04/01	08:17	08:36	1,30	1,50	1,60	1,80	1,90	1,90	1,90
"	Clevenger Básico 100g	15/05/01	13:39	13:54	0,50	1,20	1,40	1,50	1,60	1,60	1,60
"	" 200g	27/04/01	08:17	08:33	1,20	2,90	3,10	3,20	3,50	3,50	1,75
"	" 300g	27/04/01	08:17	08:38	1,90	4,20	4,90	5,00	5,20	5,30	1,77
"	" 400g	24/05/01	07:25	07:49	2,60	5,50	6,30	6,60	6,70	6,90	1,73
A3v	ABNT 100g	28/04/01	08:03	08:22	0,90	1,60	1,70	1,80	1,80	1,80	1,80
"	Clevenger Básico 100g	16/05/01	08:23	08:38	0,40	0,90	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
"	" 200g	28/04/01	08:03	08:20	1,40	2,80	2,90	3,00	3,10	3,20	1,60
"	" 300g	28/04/01	08:03	08:22	2,00	4,50	4,90	5,20	5,30	5,40	1,80
"	" 400g	25/05/01	07:40	08:03	2,70	5,70	6,30	6,60	6,70	6,70	1,68
A4v	ABNT 100g	04/05/01	07:54	08:15	0,70	1,30	1,50	1,60	1,70	1,70	1,70
"	Clevenger Básico 100g	16/05/01	08:23	08:40	0,70	1,40	1,60	1,70	1,70	1,70	1,70
"	" 200g	04/05/01	07:54	08:11	1,30	2,70	3,00	3,00	3,10	3,10	1,55
"	" 300g	04/05/01	07:54	08:16	1,90	4,10	4,40	4,70	5,00	5,10	1,70
"	" 400g	26/05/01	07:42	08:07	3,10	6,70	7,30	7,50	7,70	7,80	1,95
A5v	ABNT 100g	05/05/01	08:07	08:26	0,90	1,80	2,10	2,20	2,30	2,30	2,30
"	Clevenger Básico 100g	18/05/01	08:32	08:52	0,80	1,50	1,70	1,80	1,90	1,90	1,90
"	" 200g	05/05/01	08:07	08:23	1,60	3,10	4,10	4,30	4,40	4,40	2,20
"	" 300g	05/05/01	08:07	08:30	1,80	5,40	6,10	6,40	6,60	6,70	2,23
"	" 400g	26/05/01	07:42	08:08	3,70	8,40	9,00	9,30	9,60	9,70	2,43
F1v	ABNT 100g	09/05/01	09:00	09:36	1,40	2,00	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
"	Clevenger Básico 100g	18/05/01	08:32	08:50	0,80	1,60	1,70	1,70	1,80	1,80	1,80
"	" 200g	09/05/01	09:00	09:18	1,90	3,20	3,40	3,50	3,60	3,60	1,80
"	" 300g	09/05/01	09:00	09:23	2,30	5,00	5,40	5,50	5,70	5,70	1,90
"	" 400g	17/05/01	08:35	08:57	2,40	6,30	7,20	7,70	7,70	7,80	1,95
F2v	ABNT 100g	10/05/01	08:02	08:20	0,90	1,80	2,10	2,10	2,20	2,20	2,20
"	Clevenger Básico 100g	22/05/01	13:06	13:26	0,90	1,60	1,80	1,90	1,90	2,00	2,00
"	" 200g	10/05/01	08:02	08:20	1,50	3,40	3,70	3,90	3,90	4,00	2,00
"	" 300g	10/05/01	08:02	08:23	2,50	5,30	5,90	6,00	6,10	6,20	2,07
"	" 400g	17/05/01	08:35	09:00	2,20	5,80	7,40	8,00	8,20	8,30	2,08
F3v	ABNT 100g	08/05/01	13:38	14:00	0,90	1,60	1,70	1,80	2,00	2,00	2,00
"	Clevenger Básico 100g	22/05/01	13:06	13:26	0,90	1,50	1,60	1,70	1,70	1,70	1,70
"	" 200g	08/05/01	13:38	13:55	1,50	2,90	3,00	3,30	3,30	3,30	1,65
"	" 300g	08/05/01	13:38	13:59	2,10	4,70	5,20	5,30	5,30	5,40	1,80
"	" 400g	19/05/01	08:49	09:12	3,10	6,20	7,10	7,40	7,50	7,70	1,93
F4v	ABNT 100g	11/05/01	08:01	08:20	1,30	2,10	2,20	2,30	2,30	2,30	2,30
"	Clevenger Básico 100g	23/05/01	09:50	10:13	1,00	1,70	1,90	2,00	2,00	2,00	2,00
"	" 200g	11/05/01	08:01	08:18	2,10	3,70	4,00	4,10	4,30	4,30	2,15
"	" 300g	11/05/01	08:01	08:20	2,90	5,90	6,30	6,50	6,70	6,70	2,23
"	" 400g	19/05/01	08:49	09:13	4,10	8,00	8,90	9,10	9,30	9,40	2,35
F5v	ABNT 100g	12/05/01	08:10	08:26	1,20	2,50	2,70	2,80	2,80	2,80	2,80
"	Clevenger Básico 100g	23/05/01	09:50	10:15	1,10	2,20	2,40	2,50	2,60	2,60	2,60
"	" 200g	12/05/01	08:10	08:27	1,70	4,10	4,50	4,80	5,10	5,10	2,55
"	" 300g	12/05/01	08:10	08:31	2,40	7,00	7,90	8,20	8,50	8,60	2,86
"	" 400g	25/05/01	07:40	08:04	3,90	9,60	10,70	11,10	11,40	11,50	2,88

APÊNDICE 2 - SEGUNDO TRATAMENTO: extrações de Verão (Continuação)

Amostra	Clevenger		Data	Início Horas	2Gotas Horas	10min (ml)	1H (ml)	2H (ml)	3H (ml)	4H (ml)	5H (ml)	Rendimentos (%)
R1v	ABNT	100g	15/05/01	13:39	14:03	1,20	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
R2v	"	"	16/05/01	08:23	08:43	1,10	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
R3v	"	"	17/05/01	08:35	08:55	0,70	1,20	1,30	1,40	1,40	1,40	1,40
R4v	"	"	18/05/01	08:32	08:55	1,10	1,60	1,60	1,70	1,70	1,70	1,70
R6v	"	"	19/05/01	08:49	09:13	1,20	1,70	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
R7v	"	"	22/05/01	13:06	13:31	1,20	1,70	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
R8v	"	"	23/05/01	13:10	13:30	1,20	1,70	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Rv	ABNT	100g	25/04/01	08:31	08:50	***	1,50	1,60	1,60	1,60	1,70	1,70
"	Clevenger Básico	200g	25/04/01	08:31	08:53	***	3,60	3,80	3,90	3,90	4,00	2,00
"	"	300g	24/04/01	12:48	13:12	***	4,70	5,00	5,10	5,10	5,10	1,70
"	"	400g	24/04/01	12:48	13:19	***	6,80	7,30	7,50	7,60	7,60	1,90
Gv	ABNT	100g	25/04/01	08:31	08:49	***	0,50	0,50	0,60	0,60	0,60	0,60
"	Clevenger Básico	100g	21/04/01	08:27	08:49	***	0,20	0,30	0,40	0,40	0,40	0,40
"	"	200g	21/04/01	08:27	08:49	***	0,80	0,90	1,00	1,00	1,00	0,50
"	"	300g	20/04/01	08:42	09:03	***	1,10	1,40	1,40	1,50	1,50	0,50
"	"	400g	20/04/01	08:42	09:07	***	1,70	2,00	2,10	2,10	2,10	0,53
FRAÇÕES DE VERÃO: obtidas a partir de 400g de folhas adultas (F) e de folhas adultas + ramos terminais (A) em Clevenger básico												
Amostra	Quantidade Extraída de Óleo Essencial (ml)											
	Data	0-10 min	10 min - 40 min	40 min - 1h 40 min	1h 40 min - 5 horas	Total						
A1	24/05/01	3,00	2,70	0,80	0,40	6,90						
A2	24/05/01	2,60	2,40	1,20	0,70	6,90						
A3	25/05/01	2,70	2,30	1,20	0,70	6,70						
A4	26/05/01	3,10	3,00	1,10	0,60	7,80						
A5	26/05/01	3,70	4,00	1,20	0,80	9,70						
F1	17/05/01	2,40	2,80	1,90	0,70	7,80						
F2	17/05/01	2,20	2,70	2,30	1,10	8,30						
F3	19/05/01	3,10	2,40	1,50	0,70	7,70						
F4	19/05/01	4,10	3,30	1,40	0,60	9,40						
F5	25/05/01	3,90	4,70	2,00	0,90	11,50						

APÊNDICE 3 - TERCEIRO TRATAMENTO: extrações de Outono

Amostra	Clevenger		Data	Início Horas	2Gotas Horas	10minutos (ml)	1Hora (ml)	2Horas (ml)	3Horas (ml)	4Horas (ml)	5Horas (ml)	Rendimentos (%)
A1o	ABNT	100g	04/08/01	08:32	08:54	0,80	1,60	1,80	1,90	2,00	2,00	2,00
"	Clevenger Básico	100g	03/07/01	07:54	08:08	0,80	1,50	1,60	1,70	1,90	1,90	1,90
"	"	200g	04/07/01	08:03	08:22	1,40	2,90	3,20	3,30	3,40	3,40	1,70
"	"	300g	05/07/01	08:02	08:26	2,00	4,10	4,80	4,90	5,00	5,10	1,70
"	"	400g	31/07/01	08:21	08:53	1,60	6,00	6,70	6,90	7,10	7,20	1,80
A2o	ABNT	100g	09/08/01	08:27	08:46	0,70	1,70	1,80	1,90	1,90	1,90	1,90
"	Clevenger Básico	100g	03/07/01	07:54	08:09	0,80	1,60	1,80	1,90	1,90	1,90	1,90
"	"	200g	04/07/01	08:03	08:25	1,80	4,00	4,40	4,60	4,70	4,80	2,40
"	"	300g	05/07/01	08:02	08:26	2,50	5,40	6,10	6,30	6,50	6,70	2,23
"	"	400g	31/07/01	08:21	08:51	2,30	6,40	7,60	8,10	8,30	8,30	2,08
A3o	ABNT	100g	03/08/01	08:39	09:01	1,30	2,30	2,50	2,60	2,60	2,60	2,60
"	Clevenger Básico	100g	09/08/01	08:27	08:44	0,90	1,50	1,80	1,90	1,90	1,90	1,90
"	"	200g	07/08/01	13:00	13:20	1,60	3,40	3,70	3,80	3,90	3,90	1,95
"	"	300g	10/08/01	08:17	08:45	2,40	5,10	5,30	6,00	6,20	6,30	2,10
"	"	400g	08/08/01	12:09	12:40	3,20	6,10	6,70	6,80	6,90	7,00	1,75
A4o	ABNT	100g	06/08/01	09:34	09:55	0,70	1,70	1,90	2,10	2,20	2,20	2,20
"	Clevenger Básico	100g	09/08/01	08:27	08:46	0,70	1,30	1,60	1,70	1,70	1,70	1,70
"	"	200g	07/08/01	13:00	13:22	1,20	2,70	3,00	3,10	3,20	3,30	1,65
"	"	300g	10/08/01	08:17	08:46	1,70	4,00	4,60	4,80	5,10	5,20	1,73
"	"	400g	08/08/01	12:09	12:40	2,70	5,20	5,70	5,80	6,00	6,10	1,53
A5o	ABNT	100g	07/08/01	13:00	13:19	0,90	2,20	2,30	2,40	2,50	2,50	2,50
"	Clevenger Básico	100g	09/08/01	08:27	08:45	1,00	2,00	2,30	2,40	2,40	2,40	2,40
"	"	200g	07/08/01	13:00	13:22	1,90	3,80	4,40	4,60	4,80	4,80	2,40
"	"	300g	10/08/01	08:17	08:50	2,20	5,10	5,60	6,00	6,20	6,30	2,10
"	"	400g	08/08/01	12:09	12:40	2,40	7,40	8,30	8,80	8,90	9,10	2,28
F1o	ABNT	100g	10/08/01	08:17	08:38	0,90	1,70	1,80	1,90	1,90	2,00	2,00
"	Clevenger Básico	100g	06/07/01	08:13	08:30	1,10	1,70	1,80	1,90	1,90	2,00	2,00
"	"	200g	07/07/01	08:17	08:38	1,50	2,80	3,00	3,20	3,30	3,30	1,65
"	"	300g	10/07/01	08:17	08:39	2,50	5,00	5,70	5,80	6,10	6,20	2,07
"	"	400g	01/08/01	08:34	09:07	2,70	5,80	6,40	6,70	6,90	7,00	1,75
F2o	ABNT	100g	11/08/01	08:00	08:23	1,00	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,10
"	Clevenger Básico	100g	06/07/01	08:13	08:30	0,90	1,60	1,70	1,70	1,80	1,80	1,80
"	"	200g	07/07/01	08:17	08:39	1,60	3,60	4,10	4,30	4,40	4,50	2,25
"	"	300g	10/07/01	08:17	08:41	2,40	5,50	6,10	6,30	6,60	6,70	2,23
"	"	400g	01/08/01	08:34	09:05	3,00	7,40	8,70	9,30	9,50	9,60	2,40
F3o	ABNT	100g	31/08/01	08:15	08:36	1,00	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,10
"	Clevenger Básico	100g	02/08/01	09:01	09:18	1,00	1,90	2,10	2,20	2,20	2,30	2,30
"	"	200g	06/08/01	09:34	09:56	2,00	4,20	4,70	4,90	5,00	5,00	2,50
"	"	300g	04/08/01	08:32	08:59	2,50	5,90	6,50	6,80	6,80	6,90	2,30
"	"	400g	03/08/01	08:39	09:09	3,20	7,30	8,10	8,30	8,50	8,50	2,13
F4o	ABNT	100g	08/08/01	12:09	12:29	0,80	1,70	1,90	2,00	2,10	2,20	2,20
"	Clevenger Básico	100g	11/08/01	08:00	08:20	1,00	1,80	1,90	2,00	2,10	2,10	2,10
"	"	200g	06/08/01	09:34	09:59	1,00	2,90	3,20	3,40	3,50	3,60	1,80
"	"	300g	04/08/01	08:32	09:01	2,00	4,80	5,40	5,70	6,00	6,00	2,00
"	"	400g	03/08/01	08:39	09:12	2,70	6,20	7,20	7,40	7,70	7,80	1,95
F5o	ABNT	100g	25/08/01	08:01	08:24	1,00	2,00	2,30	2,40	2,50	2,60	2,60
"	Clevenger Básico	100g	02/08/01	09:01	09:18	0,80	2,10	2,40	2,60	2,70	2,70	2,70
"	"	200g	06/08/01	09:34	09:58	1,40	4,00	4,60	4,90	5,01	5,02	2,51
"	"	300g	04/08/01	08:32	09:01	1,90	5,80	6,60	6,90	7,10	7,20	2,40
"	"	400g	03/08/01	08:39	09:11	3,00	8,50	9,90	10,30	10,60	10,70	2,68

APÊNDICE 3 - TERCEIRO TRATAMENTO: extrações de Outono (Continuação)

Amostra	Clevenger		Data	Início Horas	2Gotas Horas	10minutos (ml)	1Hora (ml)	2Horas (ml)	3Horas (ml)	4Horas (ml)	5Horas (ml)	Renderimentos (%)
R1o	ABNT	100g	03/07/01	07:54	08:15	1,30	1,70	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
R2o	"	"	04/07/01	08:03	08:20	1,20	2,00	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
R3o	"	"	05/07/01	08:02	08:23	1,10	1,50	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70
R4o	"	"	06/07/01	08:13	08:35	0,30	0,50	0,60	0,60	0,70	0,70	0,70
R5o	"	"	10/07/01	08:17	08:37	0,70	1,10	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
R6o	"	"	07/07/01	08:17	08:37	0,90	1,50	1,60	1,70	1,70	1,70	1,70
R7o	"	"	31/07/01	08:21	08:45	1,50	2,60	2,70	2,70	2,70	2,80	2,80
R8o	"	"	01/08/01	08:34	09:00	1,10	1,40	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70
Ro	Clevenger Básico	300g	06/07/01	08:13	08:41	2,50	4,30	4,70	4,90	5,00	5,10	1,70
Go	ABNT	100g	02/08/01	09:01	09:21	0,20	0,50	0,70	0,70	0,80	0,80	0,80
Fo-rebr	ABNT	100g	01/09/01	08:00	08:29	1,50	2,60	2,80	2,90	3,00	3,00	3,00

FRAÇÕES DE OUTONO: obtidas a partir de 400g de folhas adultas (F) e de folhas adultas + ramos terminais (A) em Clevenger básico

Amostra	Quantidade Extraída de Óleo Essencial (ml)					
	Data	0-10 min	10 min - 40 min	40 min - 1h 40 min	1h 40 min - 5 horas	Total
A1	31/07/01	1,60	3,50	1,40	0,70	7,20
A2	31/07/01	2,30	3,20	1,90	0,90	8,30
A3	08/08/01	3,20	2,40	1,00	0,40	7,00
A4	08/08/01	2,70	2,00	0,90	0,50	6,10
A5	08/08/01	2,40	4,00	1,80	0,90	9,10
F1	01/08/01	2,70	2,50	1,00	0,80	7,00
F2	01/08/01	3,00	3,40	2,10	1,10	9,60
F3	03/08/01	3,20	3,50	1,30	0,50	8,50
F4	03/08/01	2,70	2,80	1,50	0,80	7,80
F5	03/08/01	3,00	4,20	2,50	1,00	10,70

APÊNDICE 4 - QUARTO TRATAMENTO: extrações de Inverno

Amostra	Clevenger		Data	Início	2Gotas	10minutos	1Hora	2Horas	3Horas	4Horas	5Horas	Rendimentos
				Horas	Horas	(ml)	(ml)	(ml)	(ml)	(ml)	(ml)	(%)
Alí	ABNT	100g	12/09/01	07:58	08:18	0,90	1,60	1,80	1,80	1,90	2,00	2,00
"	Clevenger Básico	100g	31/08/01	08:15	08:33	1,00	1,60	1,70	1,80	1,90	1,90	1,90
"	"	200g	12/09/01	07:58	08:21	1,50	2,70	3,00	3,10	3,20	3,20	1,60
"	"	300g	01/09/01	08:11	08:40	2,10	5,00	5,50	5,70	5,90	6,00	2,00
"	"	400g	14/09/01	08:21	08:52	3,10	5,60	6,20	6,40	6,60	6,70	1,68
A2i	ABNT	100g	19/09/01	09:20	09:41	1,00	1,90	2,20	2,20	2,30	2,40	2,40
"	Clevenger Básico	100g	31/08/01	08:30	08:52	1,10	1,80	2,10	2,20	2,20	2,20	2,20
"	"	200g	12/09/01	07:58	08:21	1,70	3,50	3,90	4,10	4,20	4,20	2,15
"	"	300g	01/09/01	08:21	08:51	2,30	4,80	5,50	5,80	6,00	6,10	2,03
"	"	400g	14/09/01	08:21	08:52	3,10	6,60	7,40	7,80	8,00	8,10	2,03
A3i	ABNT	100g	20/09/01	08:09	08:28	0,80	2,20	2,50	2,70	2,70	2,70	2,70
"	Clevenger Básico	100g	19/09/01	08:45	09:01	0,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,10	2,10
"	"	200g	20/09/01	08:09	08:31	1,60	3,70	4,10	4,30	4,60	4,70	2,35
"	"	300g	22/09/01	08:29	08:56	2,40	5,30	6,20	6,50	6,80	6,90	2,30
"	"	400g	29/09/01	08:53	09:21	2,90	6,20	7,10	7,50	7,70	7,90	1,98
A4i	ABNT	100g	21/09/01	08:50	09:11	1,50	2,30	2,50	2,50	2,60	2,70	2,70
"	Clevenger Básico	100g	19/09/01	08:45	09:04	1,10	2,20	2,40	2,40	2,40	2,50	2,50
"	"	200g	20/09/01	08:09	08:34	2,20	4,70	5,00	5,10	5,10	5,20	2,60
"	"	300g	22/09/01	08:29	08:59	3,10	6,70	7,40	7,70	7,80	7,90	2,63
"	"	400g	29/09/01	08:53	09:23	3,90	8,60	9,30	9,70	9,90	10,10	2,53
A5i	ABNT	100g	22/09/01	08:29	08:50	1,20	2,20	2,40	2,50	2,50	2,60	2,60
"	Clevenger Básico	100g	19/09/01	08:45	09:02	1,20	1,90	2,30	2,30	2,40	2,50	2,50
"	"	200g	20/09/01	08:09	08:33	1,50	4,30	4,80	5,10	5,20	5,20	2,60
"	"	300g	22/09/01	08:29	08:56	2,70	5,80	6,50	6,80	7,00	7,10	2,37
"	"	400g	29/09/01	08:53	09:23	3,10	7,90	9,30	9,80	10,20	10,30	2,58
F1i	ABNT	100g	13/09/01	08:13	08:33	1,10	2,10	2,30	2,30	2,40	2,40	2,40
"	Clevenger Básico	100g	07/09/01	08:14	08:31	0,90	1,60	1,80	1,90	2,00	2,00	2,00
"	"	200g	13/09/01	08:13	08:34	2,20	4,10	4,30	4,40	4,40	4,40	2,20
"	"	300g	08/09/01	08:26	08:54	3,00	5,80	6,30	6,60	6,70	6,70	2,23
"	"	400g	18/09/01	09:20	09:51	2,80	6,60	7,30	7,50	7,70	7,80	1,95
F2i	ABNT	100g	14/09/01	08:21	08:40	0,90	1,80	2,00	2,10	2,20	2,20	2,20
"	Clevenger Básico	100g	07/09/01	08:14	08:31	0,90	1,60	2,00	2,10	2,20	2,20	2,20
"	"	200g	13/09/01	08:13	08:38	2,10	3,70	4,00	4,30	4,40	4,50	2,25
"	"	300g	08/09/01	08:26	08:52	3,00	5,80	6,30	6,70	6,80	6,80	2,27
"	"	400g	18/09/01	09:20	09:52	3,20	7,00	7,90	8,20	8,50	8,60	2,15
F3i	ABNT	100g	27/09/01	08:01	08:20	1,10	2,40	2,60	2,70	2,80	2,80	2,80
"	Clevenger Básico	100g	27/09/01	08:01	08:17	1,00	1,70	1,90	2,10	2,20	2,30	2,30
"	"	200g	21/09/01	08:50	09:14	2,10	4,70	5,00	5,20	5,40	5,50	2,75
"	"	300g	28/09/01	08:14	08:37	2,90	6,20	6,80	7,20	7,30	7,30	2,43
"	"	400g	02/10/01	08:39	09:06	3,00	7,50	8,50	9,00	9,20	9,40	2,35
F4i	ABNT	100g	28/09/01	08:14	08:30	1,40	2,40	2,80	2,90	3,00	3,00	3,00
"	Clevenger Básico	100g	27/09/01	08:01	08:18	1,50	3,10	3,20	3,40	3,50	3,50	3,50
"	"	200g	21/09/01	08:50	09:16	2,00	4,50	4,90	5,20	5,30	5,30	2,65
"	"	300g	28/09/01	08:14	08:39	2,30	6,30	6,60	6,90	7,00	7,10	2,37
"	"	400g	02/10/01	08:39	09:09	4,00	8,80	9,90	10,30	10,50	10,70	2,68
F5i	ABNT	100g	29/09/01	08:53	09:11	1,30	2,60	2,80	2,90	3,00	3,10	3,10
"	Clevenger Básico	100g	04/10/01	08:02	08:19	1,00	2,00	2,30	2,60	2,60	2,60	2,60
"	"	200g	21/09/01	08:50	09:14	1,90	4,60	5,20	5,40	5,50	5,60	2,80
"	"	300g	03/10/01	09:39	10:01	3,10	6,60	7,50	7,80	8,00	8,10	2,70
"	"	400g	02/10/01	08:39	09:08	3,00	8,60	10,00	10,40	10,80	11,00	2,75

APÊNDICE 4 - QUARTO TRATAMENTO: extrações de Inverno (Continuação)

Amostra	Clevenger	Data	Início Horas	2Gotas Horas	10minutos (ml)	1Hora (ml)	2Horas (ml)	3Horas (ml)	4Horas (ml)	5Horas (ml)	Rendimentos (%)
R1i	ABNT 100g	02/10/01	08:39	08:58	1,40	2,20	2,40	2,50	2,50	2,60	2,60
R2i	" "	09/10/01	07:51	08:13	1,50	2,70	3,00	3,00	3,10	3,10	3,10
R3i	" "	10/10/01	07:36	07:54	1,40	2,00	2,20	2,20	2,30	2,30	2,30
R7i	" "	08/10/01	08:25	08:42	0,80	2,30	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
R8i	" "	06/10/01	08:49	09:08	1,20	1,80	1,90	2,00	2,10	2,10	2,10
Ri	ABNT 100g	03/10/01	09:39	09:58	1,20	2,00	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30
"	Clevenger Básico 400g	03/10/01	09:39	10:10	4,00	8,00	8,80	9,20	9,30	9,30	2,33
Gi	ABNT 100g	08/09/01	08:26	08:43	0,10	0,30	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50
"	Clevenger Básico 100g	14/09/01	08:21	08:36	0,20	0,40	0,50	0,60	0,60	0,60	0,60
"	" " 200g	13/09/01	08:13	08:29	0,30	1,00	1,20	1,20	1,20	1,20	0,60
"	" " 300g	12/09/01	07:58	08:19	0,40	1,20	1,50	1,60	1,70	1,70	0,57
"	" " 400g	08/09/01	08:26	08:49	0,70	1,60	1,80	1,90	2,00	2,00	0,50
⁽¹⁾ Gi-rebr	ABNT 100g	04/10/01	08:02	08:19	0,10	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
⁽²⁾ Fi-rebr	ABNT 100g	19/09/01	08:39	08:59	1,70	2,90	3,10	3,30	3,30	3,30	3,30
Madeira	ABNT 100g	07/09/01	08:17	08:38	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05
"	Clevenger Básico 300g	07/09/01	08:01	08:32	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,10
"	" " 400g	31/08/01	08:15	08:51	0,05	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,08
Casca	ABNT 100g	05/10/01	08:18	08:39	0,10	0,20	0,40	0,40	0,50	0,60	0,60
"	Clevenger Básico 100g	04/10/01	08:02	08:20	0,20	0,40	0,50	0,60	0,60	0,60	0,60
"	" " 200g	05/10/01	08:18	08:48	0,40	0,70	1,00	1,10	1,20	1,20	0,60
"	" " 300g	06/10/01	08:30	09:00	0,50	1,10	1,30	1,50	1,70	1,80	0,60
"	" " 400g	08/10/01	08:12	08:43	0,60	1,90	1,90	2,00	2,20	2,30	0,58

FRAÇÕES DE INVERNO: obtidas a partir de 400g de folhas adultas (F) e de folhas adultas + ramos terminais (A) em Clevenger básico

Amostra	Quantidade Extraída de Óleo Essencial (ml)					
	Data	0-10 min	10 min - 40 min	40 min - 1h 40 min	1h 40 min - 5 horas	Total
A1	14/09/01	3,10	2,10	0,90	0,60	6,70
A2	14/09/01	3,10	2,80	1,30	0,90	8,10
A3	29/09/01	2,90	3,10	1,00	0,90	7,90
A4	29/09/01	3,90	4,20	1,10	0,90	10,10
A5	29/09/01	3,10	4,00	1,90	1,30	10,30
F1	18/09/01	2,80	2,90	1,40	0,70	7,80
F2	18/09/01	3,20	2,90	1,60	0,90	8,60
F3	02/10/01	3,00	3,60	1,90	0,90	9,40
F4	02/10/01	4,00	4,00	1,80	0,90	10,70
F5	02/10/01	3,00	4,50	2,30	1,20	11,00

NOTAS: (1) Gi-rebr: ramos terminais de material juvenil;

(2) Fi-rebr: folhas de material juvenil.

APÊNDICE 5 - TEMPO DE AQUECIMENTO DO DESTILADOR (MINUTOS) ATÉ O COMEÇO DA DESTILAÇÃO

Amostra	Clevenger		Primavera	Verão	Outono	Inverno
A1	ABNT	100g	38	23	22	20
	Clevenger	Básico 100g	—	16	14	18
	"	" 200g	—	20	19	23
	"	" 300g	26	22	24	29
	"	" 400g	38	26	32	31
A2	ABNT	100g	33	19	19	21
	Clevenger	Básico 100g	—	15	15	22
	"	" 200g	—	16	22	23
	"	" 300g	35	21	24	30
	"	" 400g	38	24	30	31
A3	ABNT	100g	39	19	22	19
	Clevenger	Básico 100g	—	15	17	16
	"	" 200g	—	17	20	22
	"	" 300g	34	19	28	27
	"	" 400g	36	23	31	28
A4	ABNT	100g	36	21	22	21
	Clevenger	Básico 100g	—	17	19	19
	"	" 200g	—	17	22	25
	"	" 300g	28	22	19	30
	"	" 400g	33	25	31	30
A5	ABNT	100g	30	19	19	21
	Clevenger	Básico 100g	—	20	18	17
	"	" 200g	—	16	22	24
	"	" 300g	28	23	33	27
	"	" 400g	33	26	31	30
F1	ABNT	100g	39	36	21	20
	Clevenger	Básico 100g	—	18	17	17
	"	" 200g	—	18	21	21
	"	" 300g	34	23	22	28
	"	" 400g	34	22	33	31
F2	ABNT	100g	39	18	23	19
	Clevenger	Básico 100g	—	20	17	17
	"	" 200g	—	18	22	25
	"	" 300g	36	21	24	26
	"	" 400g	39	25	31	32
F3	ABNT	100g	40	22	21	19
	Clevenger	Básico 100g	—	20	17	16
	"	" 200g	—	17	22	24
	"	" 300g	38	21	27	23
	"	" 400g	46	23	30	27
F4	ABNT	100g	32	19	20	16
	Clevenger	Básico 100g	—	23	20	17
	"	" 200g	—	17	27	26
	"	" 300g	32	19	29	25
	"	" 400g	34	24	33	30
F5	ABNT	100g	28	16	23	18
	Clevenger	Básico 100g	—	25	17	17
	"	" 200g	—	17	26	24
	"	" 300g	28	21	29	22
	"	" 400g	31	24	32	29
R1	ABNT	100g	26	24	21	19
R2	"	"	23	20	17	22
R3	"	"	27	20	21	18
R4	"	"	27	23	22	—
R5	"	"	26	—	20	—
R6	"	"	21	24	20	—
R7	"	"	23	25	24	17
R8	"	"	22	—	28	19
G1-G5	ABNT	100g	25	18	20	17
"	Clevenger	Básico 100g	—	22	17	15
"	"	" 200g	—	22	15	16
"	"	" 300g	22	21	21	21
"	"	" 400g	25	25	23	23

APÊNDICE 6 - DENSIDADES RELATIVAS SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*

Densidades Relativas d_{20}^{20}					Densidades Relativas d_4^{20}			
Amostra	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno
A1	0,91905	0,91914	0,91706	0,91621	0,91743	0,91752	0,91544	0,91459
A2	0,91884	0,91445	0,92175	0,91633	0,91722	0,91283	0,92012	0,91471
A3	0,91270	0,91148	0,91931	0,91657	0,91109	0,90987	0,91769	0,91494
A4	0,90967	0,90838	0,91352	0,91515	0,90806	0,90678	0,91191	0,91353
A5	0,91216	0,91607	0,92015	0,91410	0,91055	0,91445	0,91853	0,91248
F1	0,91469	0,90816	0,92558	0,91985	0,91307	0,90655	0,92395	0,91823
F2	0,91825	0,91698	0,91604	0,91648	0,91663	0,91536	0,91442	0,91486
F3	0,91394	0,91250	0,91357	0,91589	0,91232	0,91089	0,91195	0,91427
F4	0,91309	0,91344	0,91691	0,92256	0,91147	0,91182	0,91529	0,92093
F5	0,91029	0,91352	0,91592	0,91559	0,90868	0,91191	0,91430	0,91397
R1	0,92333	0,92323	0,91747	0,91793	0,92169	0,92160	0,91584	0,91631
R2	0,91054	0,91831	0,91728	0,91058	0,90893	0,91668	0,91566	0,90897
R3	0,92044	0,91323	0,91477	0,90779	0,91881	0,91162	0,91315	0,90618
R4	0,92118	0,92026	0,90717	—	0,91955	0,91864	0,90557	—
R5	0,91560	—	0,90635	—	0,91398	—	—	—
R6	0,92007	0,91274	0,91769	—	0,91844	0,91113	0,91607	—
R7	0,91607	0,91192	0,91663	0,91281	0,91445	0,91031	0,91501	0,91120
R8	0,91473	0,91409	0,91731	0,91207	0,91659	0,91030	0,91520	0,91046
G1-G5	0,90242	0,92044	0,91551	0,92514	0,90082	0,91882	0,91389	0,92350
Frebrotas	—	—	—	0,90835	—	—	—	0,90674
Casca	—	—	—	0,89424	—	—	—	0,89266
Frações(A1-A5)								
0 - 10min	—	0,91446	0,92130	0,91627	—	0,91285	0,91967	0,91465
10min-40min	—	0,90981	0,92146	0,91050	—	0,90820	0,91983	0,90889
40min-1h40min	—	0,90354	0,90901	0,90126	—	0,90194	0,90740	0,89966
1h40min- 5hs	—	0,90719	0,89913	0,91099	—	0,90558	0,89754	0,90938
Frações(F1-F5)								
0-10min	—	0,91755	0,91971	0,91962	—	0,91593	0,91809	0,91799
10min-40min	—	0,90574	0,92058	0,92093	—	0,90414	0,91895	0,91930
40min-1h40min	—	0,90528	0,90842	0,91522	—	0,90368	0,90681	0,91360
1h40min- 5hs	—	0,90579	0,89718	0,89754	—	0,90419	0,89559	0,89595

APÊNDICE 7 - ÍNDICES DE REFRAÇÃO E ROTAÇÕES ÓPTICAS SAZONAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE
Eucalyptus smithii

Amostra	Índices de Refração à 20 °C				*Rotações Ópticas			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno
A1	1,4588	1,4621	1,4594	1,4580	+ 5,50	+ 4,60	+ 5,15	+ 4,48
A2	1,4598	1,4626	1,4604	1,4600	+ 5,07	+ 5,08	+ 4,48	+ 4,97
A3	1,4588	1,4616	1,4588	1,4590	+ 5,58	+ 4,98	+ 4,52	+ 3,93
A4	1,4583	1,4611	1,4589	1,4582	+ 5,05	+ 5,02	+ 4,90	+ 3,90
A5	1,4588	1,4626	1,4588	1,4592	+ 4,72	—	—	+ 4,23
F1	1,4578	1,4606	1,4594	1,4576	+ 4,62	+ 4,28	+ 4,22	+ 4,53
F2	1,4618	1,4616	1,4612	1,4590	+ 4,78	+ 5,00	+ 3,98	+ 4,88
F3	1,4598	1,4616	1,4606	1,4586	+ 6,13	+ 5,42	+ 4,28	+ 4,68
F4	1,4578	1,4606	1,4592	1,4570	+ 5,07	+ 4,23	—	+ 3,43
F5	1,4598	1,4621	1,4588	1,4590	+ 5,10	+ 4,87	+ 3,61	+ 4,45
R1	1,4646	1,4666	1,4632	1,4632	—	—	—	—
R2	1,4622	1,4626	1,4607	1,4602	—	—	—	—
R3	1,4652	1,4626	1,4612	1,4602	—	—	—	—
R4	1,4672	1,4636	1,4627	—	—	—	—	—
R5	1,4632	—	1,4612	—	—	—	—	—
R6	1,4642	1,4626	1,4602	—	—	—	—	—
R7	1,4622	1,4616	1,4582	1,4602	—	—	—	—
R8	1,4632	—	1,4602	1,4612	—	—	—	—
Rg	1,4608	1,4621	1,4588	1,4612	+ 4,88	+ 4,95	—	—
G1-G5	1,4608	1,4646	1,4630	1,4606	—	—	—	—
Grebrotas	—	—	—	1,4602	—	—	—	—
Casca	—	—	—	1,4722	—	—	—	—
Frações (A1-A5)								
0 - 10min	—	1,4576	1,4572	1,4586	—	—	—	+ 2,60
10min-40min	—	1,4596	1,4572	1,4576	—	—	+ 2,00	+ 2,68
40min-1h40min	—	1,4626	1,4597	1,4626	—	—	—	—
1h40min-5horas	—	1,4756	1,4692	1,4706	—	—	—	—
Frações (F1-F5)								
0-10min.	—	1,4576	1,4572	1,4572	—	—	+ 1,98	+ 2,58
10min-40min	—	1,4576	1,4572	1,4576	—	—	—	+ 1,86
40min-1h40min	—	1,4606	1,4597	1,4596	—	—	—	—
1h40min-5horas	—	1,4756	1,4687	1,4706	—	—	—	—

G1-G5: ramos terminais separados de A1-A5; Grebrotas: ramos terminais juvenis.

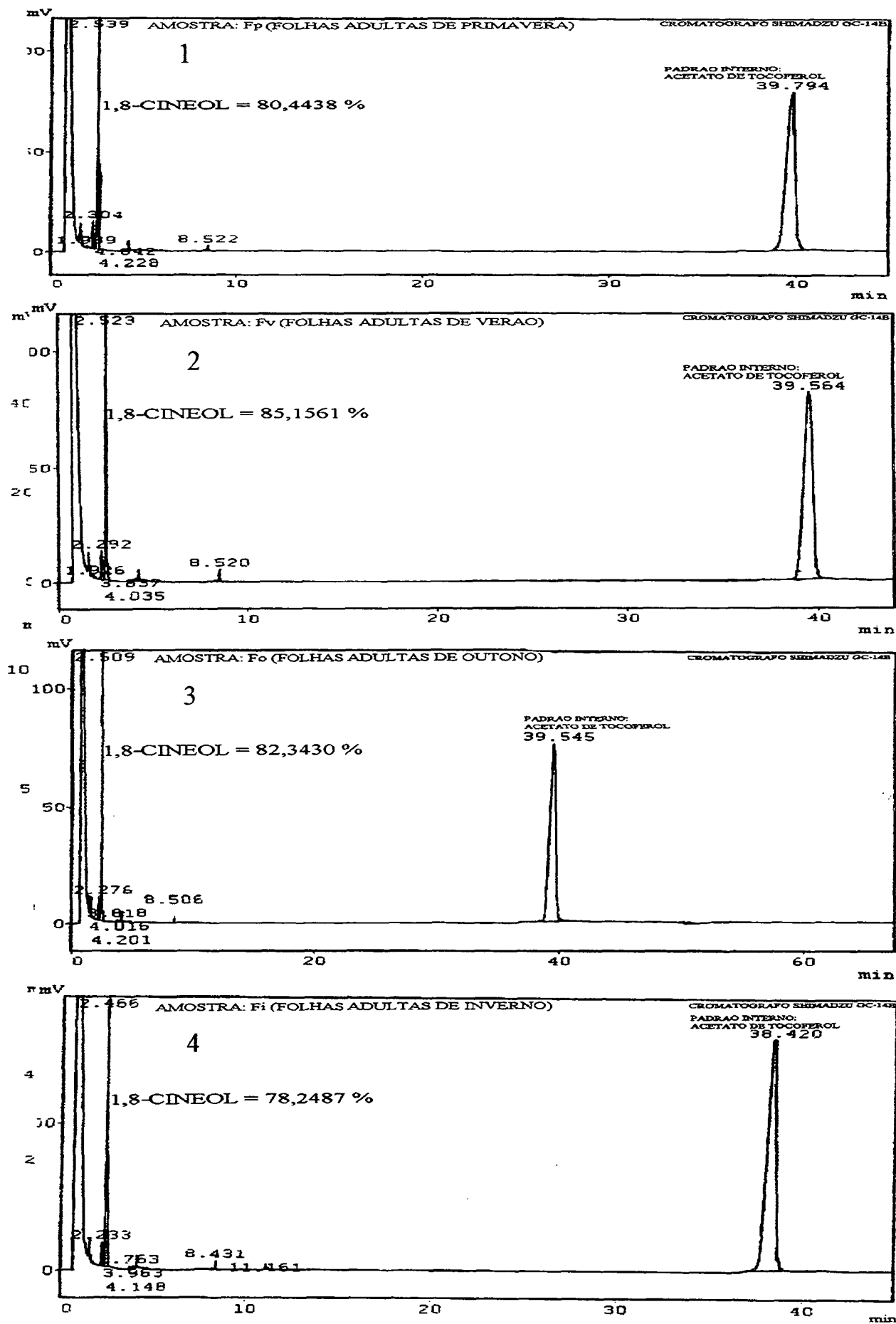
*Quantidade de óleo essencial necessária para o teste: 10 ml

APÊNDICE 8 - SOLUBILIDADE EM ETANOL DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*

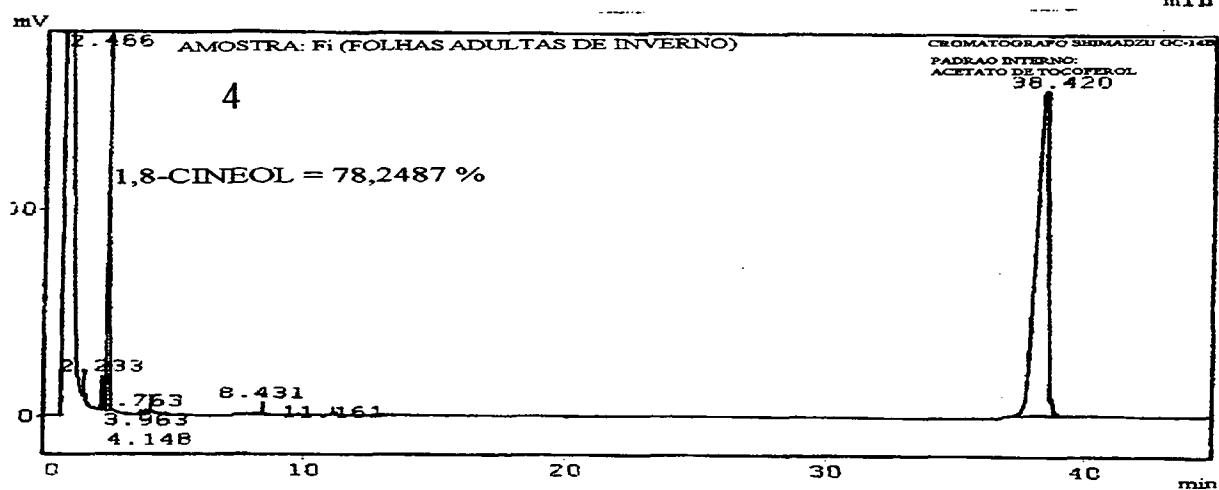
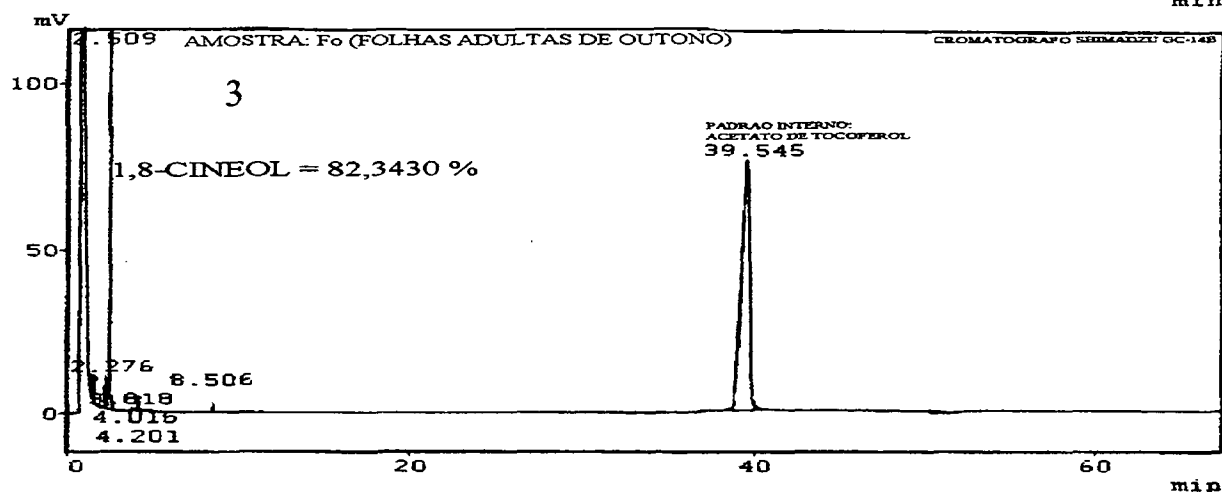
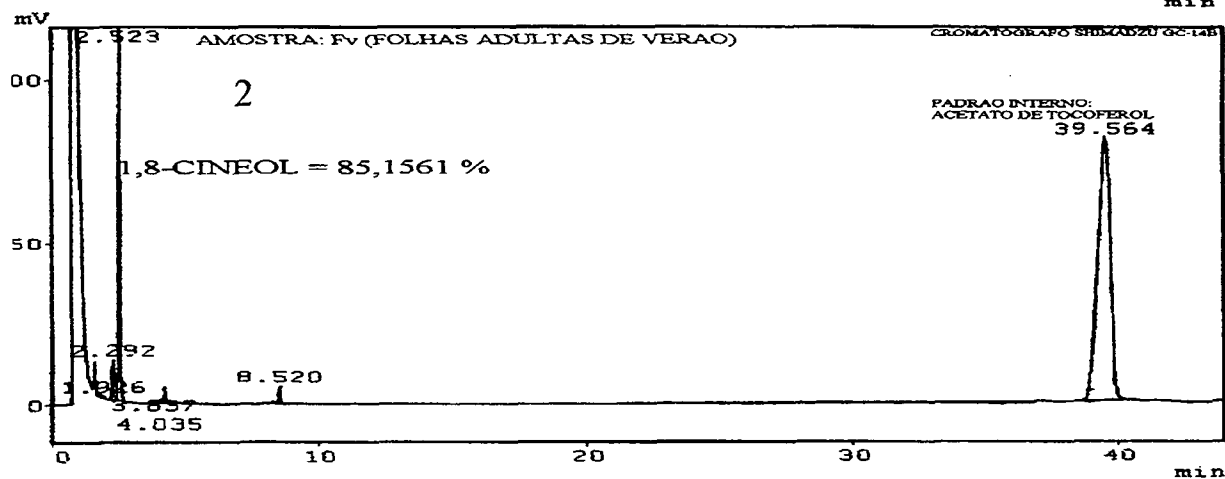
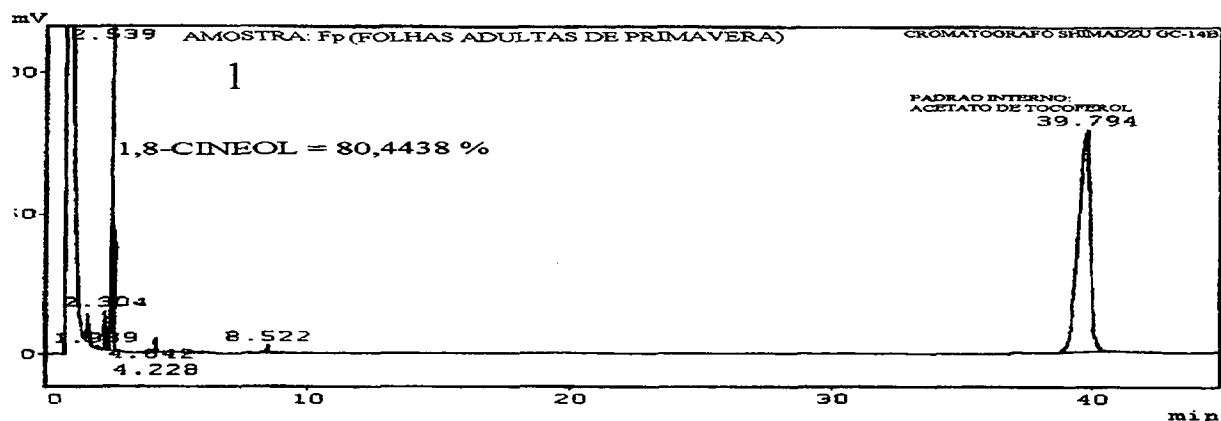
Amostras	Etanol 70 %				Etanol 80 %				Etanol 90 %				Etanol 96,5 %			
	PRIM	VER	OUT	INV	PRIM	VER	OUT	INV	PRIM	VER	OUT	INV	PRIM	VER	OUT	INV
A1	3	3	2	4	2	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
A2	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
A3	2	3	2	3	1	2	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1
A4	3	3	2	4	3	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1
A5	3	3	2	4	3	2	2	1	1,5	2	1	1	1	1	1	1
F1	3	4	3	3	3	3	3	2	1	2	2	2	1	1	1	1
F2	3	2	2	3	3	1	2	3	1	1	2	2	1	1	1	1
F3	2	2	2	3	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
F4	4	3	1	2	3	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1
F5	3	3	2	3	3	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1
R1	4	3	1	3	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1
R2	3	3	2	4	3	2	2	3	2	1	1	2	1	1	1	1
R3	2	3	2	3	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
R4	3	3	3	—	3	1	2	—	1	1	2	—	1	1	1	—
R5	4	3	3	—	3	—	2	—	2	—	2	—	1	—	1	—
R6	3	3	2	—	2	1	1	—	2	1	1	—	1	1	1	—
R7	3	3	3	3	3	3	3	2	1	2	2	2	1	1	1	1
R8	2	3	2	3	2	—	1	2	1	—	1	1	1	—	1	1
G1-G5	4	2	1	3	3	2	2	3	4	2	2	2	1	1	1	1
G-rebrotas	—	—	—	3	—	—	—	2	—	—	—	1	—	—	—	1
F-rebrotas	—	—	—	3	—	—	—	3	—	—	—	2	—	—	—	1
Casca	—	—	—	108	—	—	—	80	—	—	—	3	—	—	—	1
FRAÇÕES (A1-A5)																
0-10 min	—	4	4	3	—	2	3	2	—	3	2	2	—	1	1	1
10-40 min	—	6	4	2	—	4	2	1	—	2,5	2	2	—	1	1	1
40min-1h40min	—	8	6	3	—	3	4	1	—	2	2	2	—	1	1	1
1h40min-5horas	—	36	56	72	—	12	20	48	—	2	2	3	—	1,5	1	1,5
FRAÇÕES (F1-F5)																
0-10 min	—	6	5	4	—	4	3	2	—	3	2	2	—	1	1	1
10-40 min	—	6	4	3	—	4	4	2	—	2,5	2	2	—	1	1	1
40min-1h40min	—	12	7	4	—	10	5	3	—	2	2	2	—	1	1	1
1h40min-5horas	—	45	84	72	—	16	16	40	—	2,5	2,5	3	—	1	1	1

PRIM: Primavera; VER: Verão; OUT: Outono; INV: Inverno.

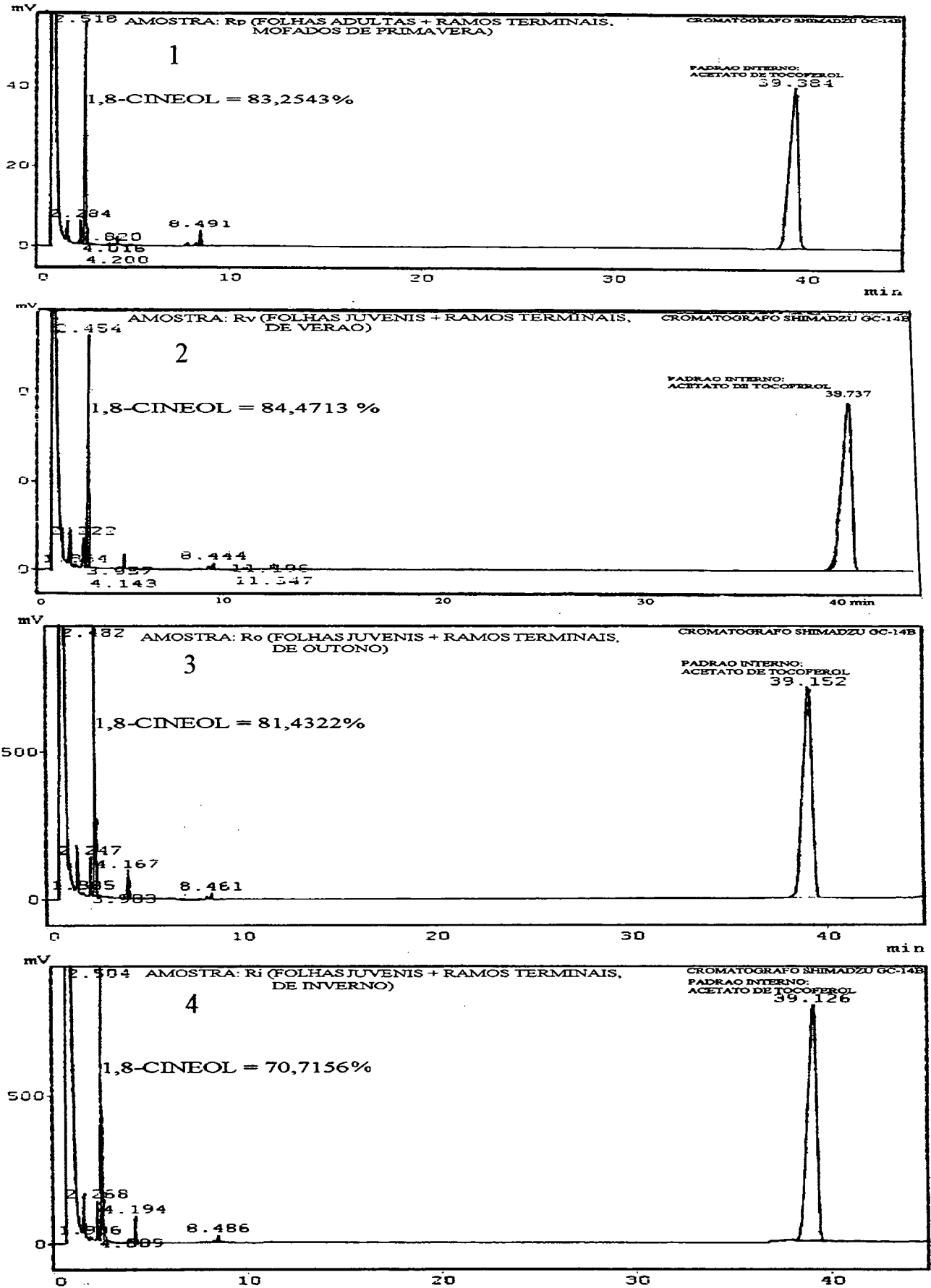
APÊNDICE 9 - CROMATOGRAFIAS DO 1,8-CINEOL PADRÃO E ANÁLISES PRELIMINARES



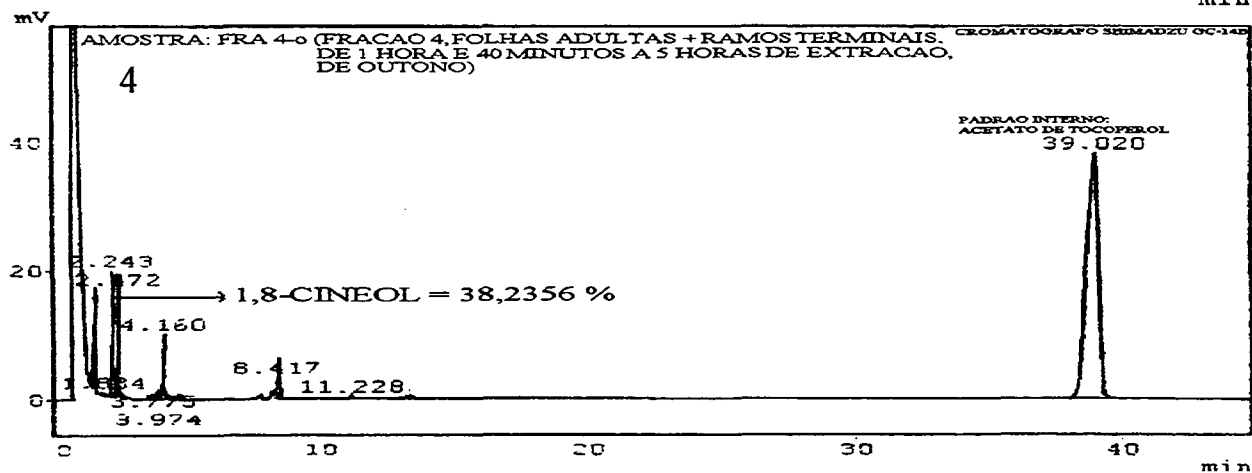
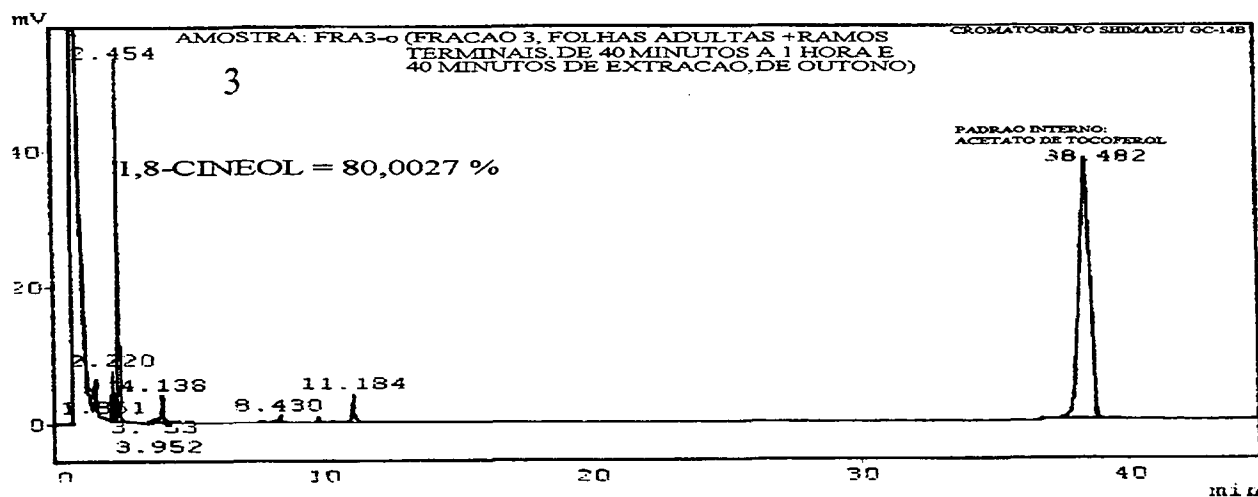
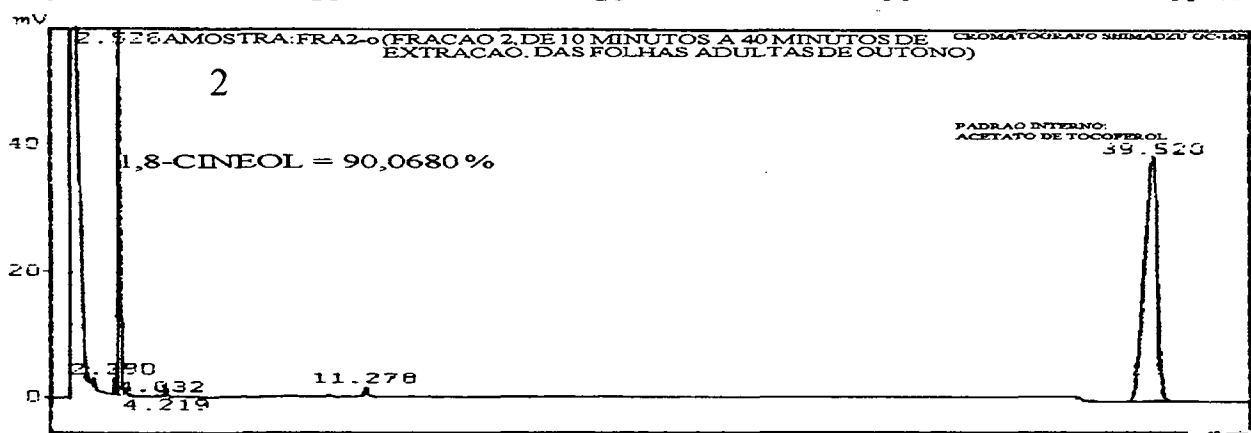
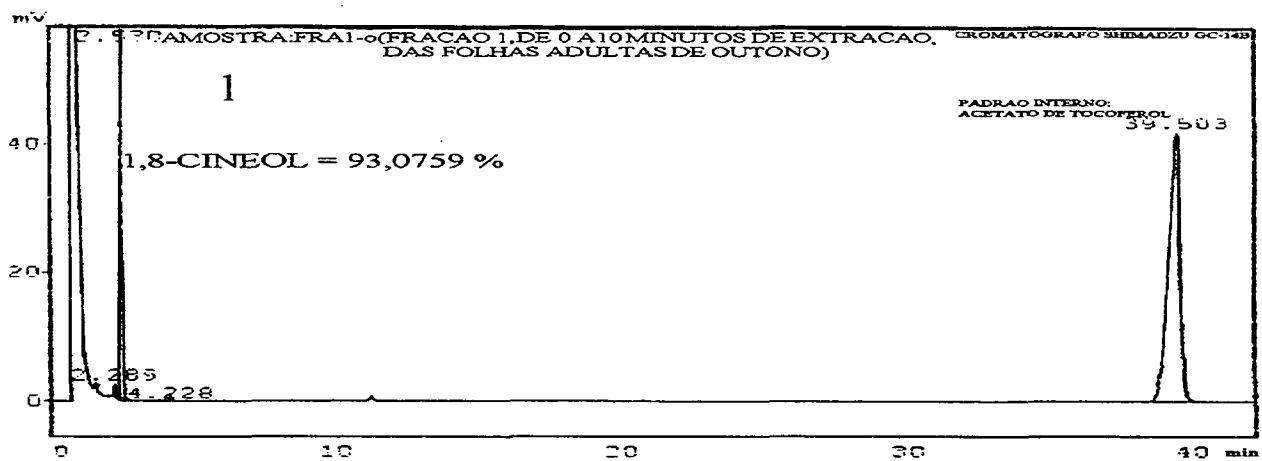
APÊNDICE 10 - CROMATOGRAFIAS SAZONAIS DAS FOLHAS ADULTAS PARA O 1,8-CINEOL



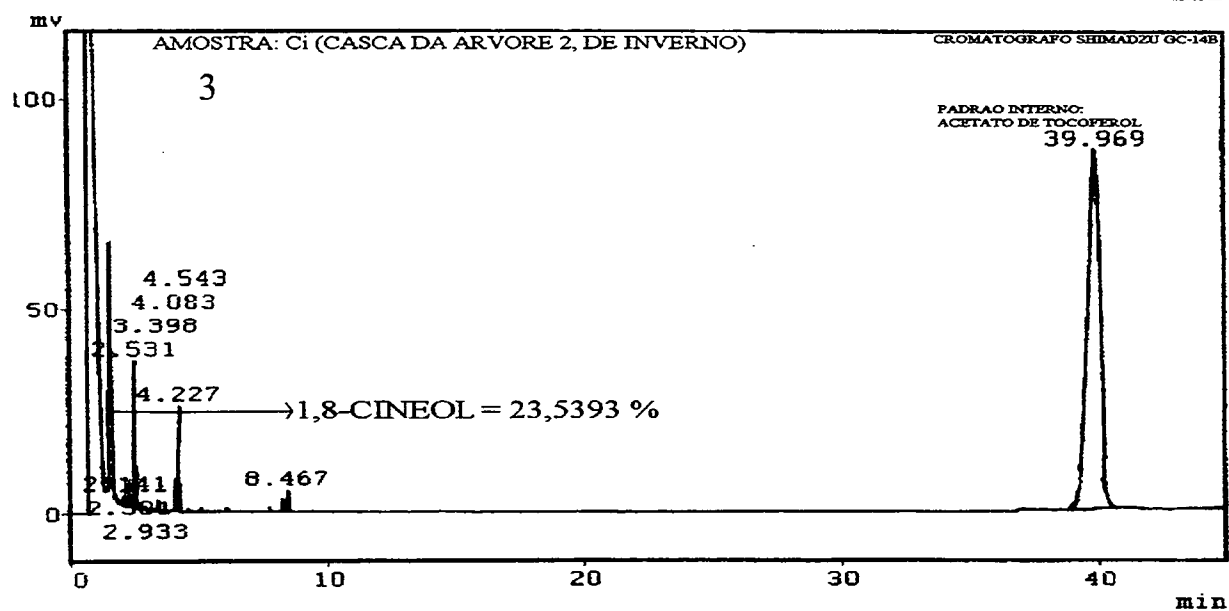
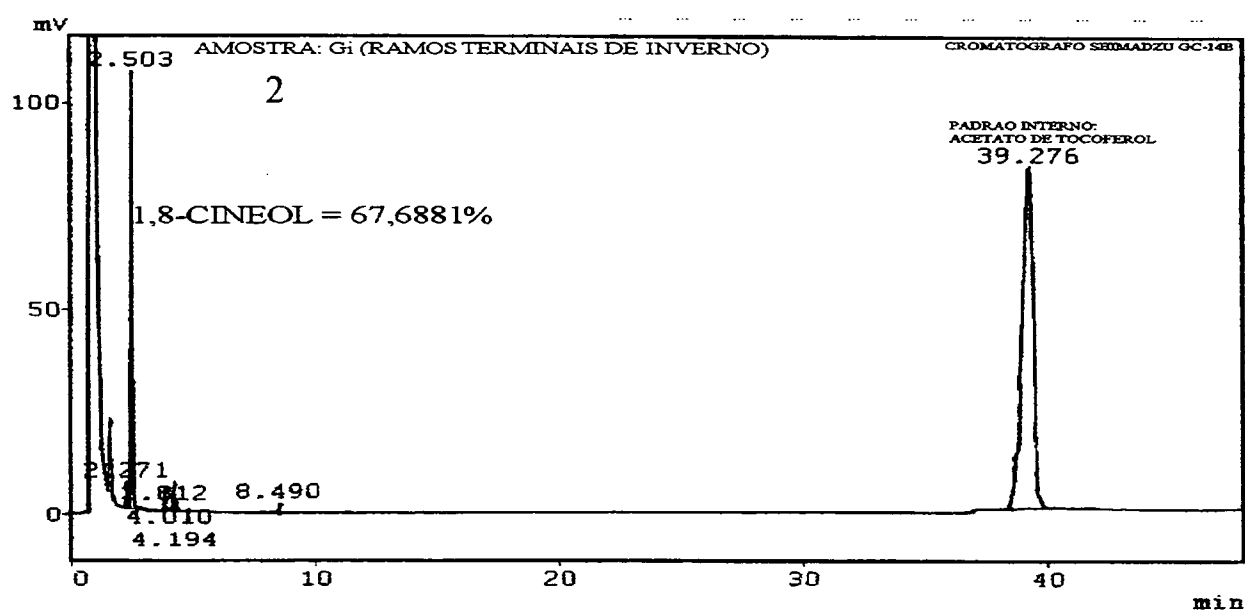
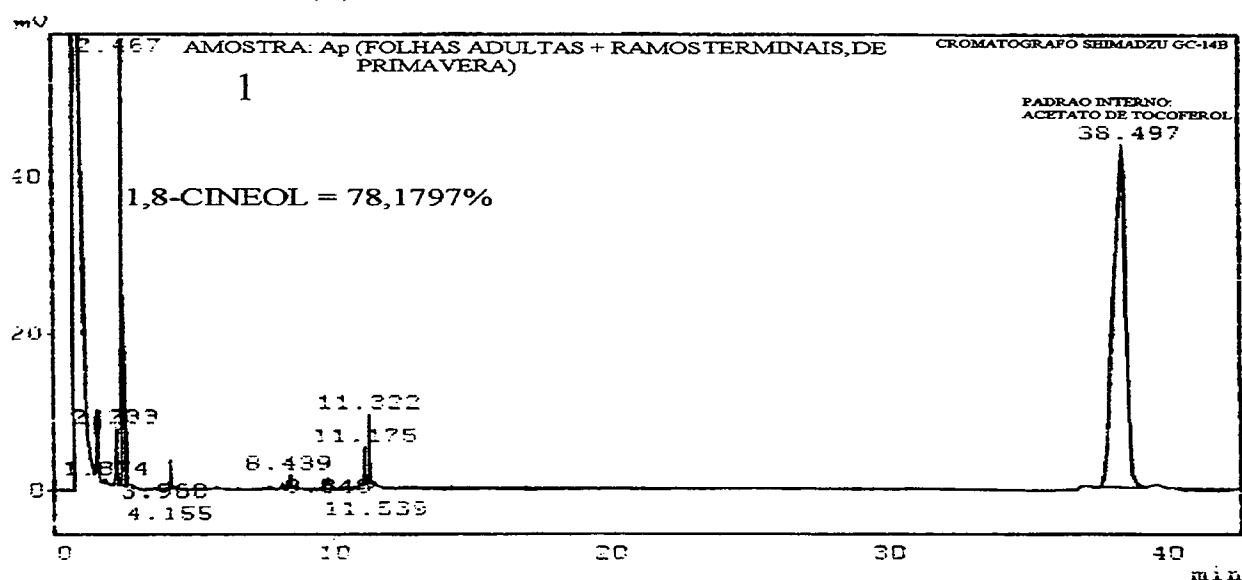
APÊNDICE 11 - CROMATOGRAFIAS SAZONAIS DAS FOLHAS ADULTAS MOFADAS (Rp) E DAS FOLHAS JUVENIS SADIAS (Rv, Ro E Ri) AMBAS COM RAMOS TERMINAIS, PARA O 1,8-CINEOL



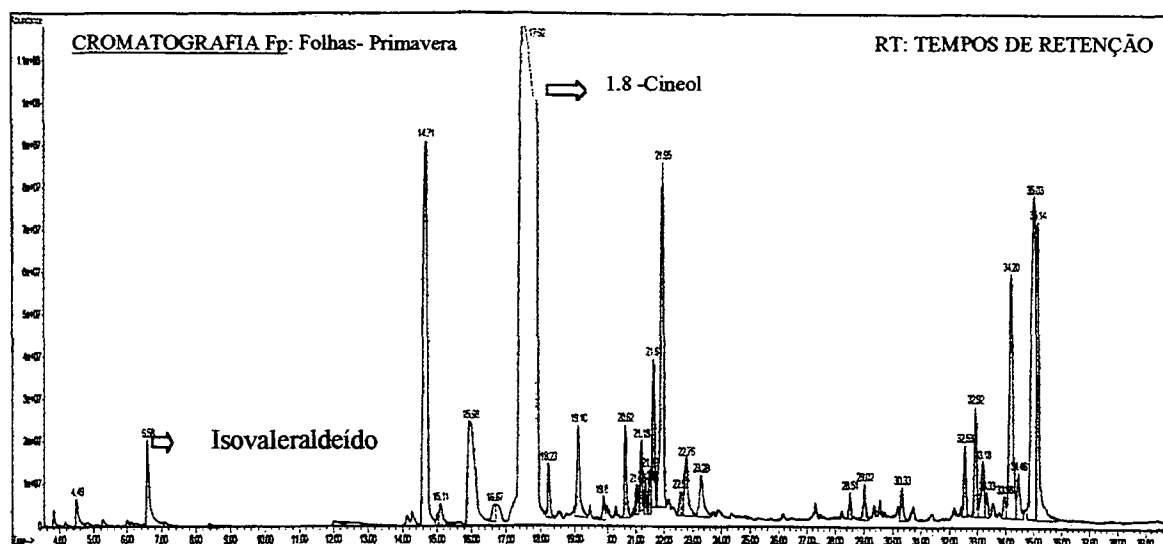
APÊNDICE 12 - CROMATOGRAFIAS DAS FRAÇÕES SAZONAIS DAS FOLHAS ADULTAS PARA O 1,8-CINEOL



APÊNDICE 13 – CROMATOGRAFIAS DAS FOLHAS + RAMOS TERMINAIS (Ap), RAMOS TERMINAIS (Gi) E CASCA (Ci) PARA O 1,8-CINEOL



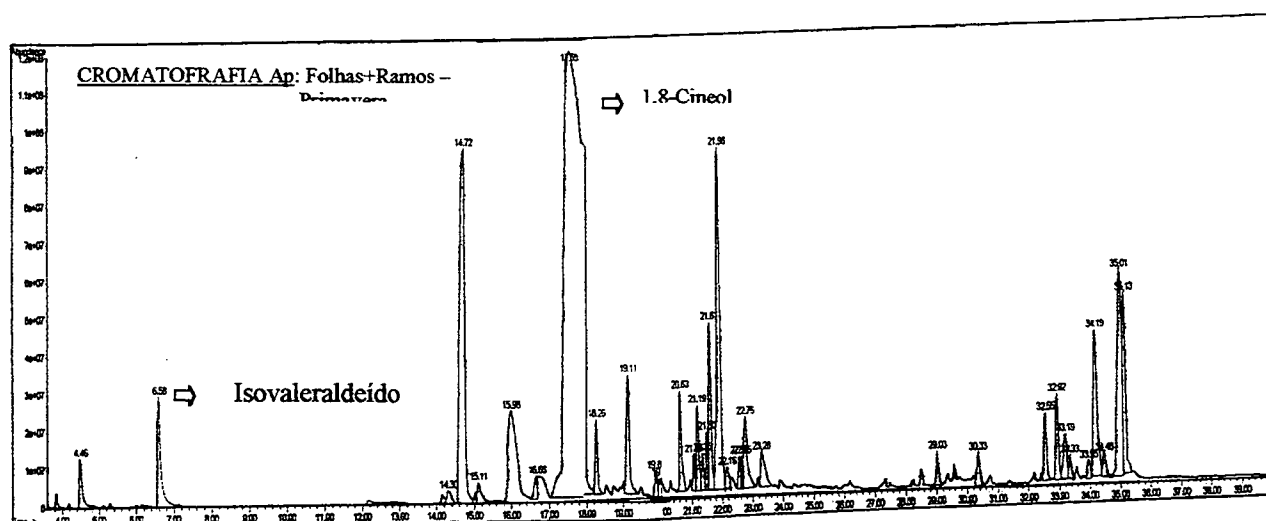
APÊNDICE 14 - COMPONENTES IDENTIFICADOS POR GC/MS-MSD DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS ADULTAS DE *Eucalyptus smithii* coletadas na Primavera (Fp)



Pk	Componente	RT	% (V/V)	Quality	I.R. Literatura	I.R. Calculado	Inferência
2	Isovaleraldeído	6,58	2,13	95	***	***	MS
3	alfa-Pineno	14,71	13,09	93	939	***	MS
4	Canfeno	15,11	0,57	97	953	***	MS; BD
5	beta-Pineno	15,98	6,06	96	980	***	PD
6	alfa-Felandreno	16,67	0,50	94	1005	1006	MS;BD;IR
7	1,8-Cineol	17,92	8,78	96	1033	1049	MS;BD;IR
8	gama-Terpineno	18,23	0,93	97	1062	1060	MS;BD;IR
9	Terpinoleno	19,10	2,06	97	1088	***	PD
10	endo-Fencol	19,83	0,47	96	1112	1115	MS;BD;IR
11	trans-Pinocarceol	20,62	2,03	72	1139	1143	MS;BD;IR
12	Pinocarvona	21,05	0,50	59	1162	1158	MS;IR
13	trans-dihidro-alfa-Terpineol	21,19	1,27	83	1161	1162	MS;IR
14	Borneol	21,34	0,51	95	1165	1167	MS;BD;IR
15	1,8-Mentadien-4-ol	21,49	0,8	96	***	1173	BD
16	Terpinen-4-ol	21,61	2,77	97	1177	***	PD
17	alfa-Terpineol	21,95	10,56	80	1189	1192	MS;IR
18	trans-Carveol	22,57	0,48	95	1217	1219	MS;BD;IR
19	trans-p-Menta-1(7),8-dien-2-ol	22,76	1,81	95	***	1227	MS;BD
20	Geraniol	23,28	1,86	95	1255	1250	MS;BD;IR
21	Não Identificado	28,51	0,46	99	***	1447	***
22	Alloaromadendreno	29,02	0,81	99	1461	1465	MS;IR
23	Ledeno	30,33	0,83	99	***	1508	BD
24	Espatuleno	32,53	1,58	97	1576	***	PD
25	Globulol	32,92	2,75	78	1583	1587	MS;IR
26	Viridiflorol	33,18	1,71	78	1590	1595	MS;BD;IR
27	Não Identificado	33,33	0,56	87	***	1599	***
28	Não Identificado	33,96	0,60	50	***	1618	***
29	10-epi-gamma-Eudesmol	34,20	8,92	96	1619	1625	MS;BD;IR
30	Hinesol	34,46	1,38	99	1638	1632	MS;BD;IR
31	beta-Eudesmol	35,03	15,08	94	1649	1649	MS;BD;IR
32	alfa-Eudesmol	35,14	8,17	93	1652	***	PD

PD: Padrão; BD: Banco de Dados; MS: Espectro de Massa; IR: Índice de Retenção (Kovats); Pk: Pico.

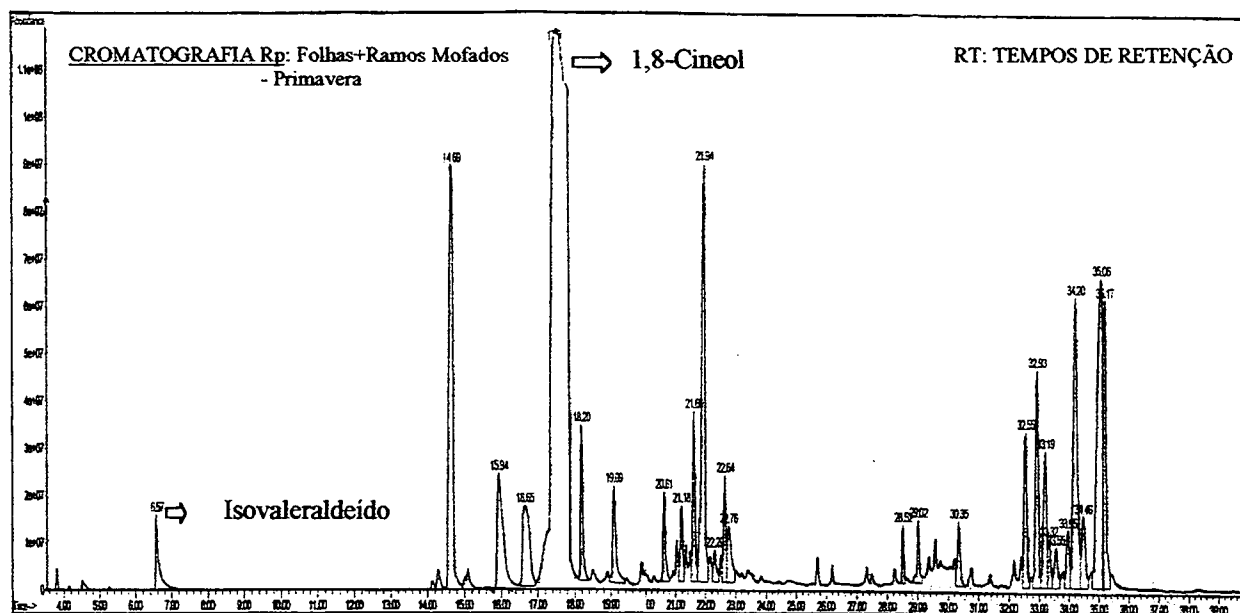
APÊNDICE 15 - COMPONENTES IDENTIFICADOS POR GC/MS-MSD DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS ADULTAS + RAMOS TERMINAIS DE *Eucalyptus smithii*: coletados na Primavera (Ap)



Pk	Componente	RT	% (V/V)	Quality	I.R. Literatura	I.R. Calculado	Inferência
2	Isovaleraldeído	6,58	2,77	91	***	***	MS
3	alfa-Tujeno	14,3	0,43	93	***	***	MS
4	alfa-Pineno	14,72	14,17	93	***	***	MS
5	Canfeno	15,11	0,65	97	953	***	MS;BD
6	beta-Pineno	15,98	6,15	95	980	***	PD
7	alfa-Felandreno	16,66	0,56	94	1005	1004	MS;BD;IR
8	1,8-Cineol	17,55	13,81	94	1033	***	PD
10	gama-Terpineno	18,26	1,30	97	1062	1060	MS;BD;IR
11	Terpinoleno	19,11	2,64	98	1088	1092	MS;BD;IR
12	endo-Fencol	19,85	0,53	97	1112	1118	MS;BD;IR
13	Não Identificado	19,97	0,49	64	***	1122	***
14	trans-Pinocarveol	20,63	2,30	74	1139	1144	MS;IR
15	Pinocarvona	21,05	0,72	64	1162	1159	MS;BD;IR
16	trans-dihidro-alfa-Terpineol	21,19	1,81	83	1161	1163	MS;IR
17	Borneol	21,35	0,72	95	1165	1169	MS;BD;IR
18	1,8-Mentadien-4-ol	21,50	1,11	96	***	1173	MS;BD
19	Terpinen-4-ol	21,61	3,71	97	1177	***	PD
20	alfa-Terpineol	21,96	12,45	84	1189	1193	IR
21	Não Identificado	22,16	0,66	41	***	1201	***
22	trans-Carveol	22,56	0,65	90	1217	1219	MS;BD;IR
23	Não Identificado	22,65	0,55	38	***	1223	***
24	trans-p-Menta-1(7),8-dien-2-ol	22,76	2,41	97	***	1228	MS;BD
25	Geraniol	23,28	1,45	94	1255	1250	MS;IR
26	Alloaromadendreno	29,03	0,82	99	1461	1465	IR
27	Ledeno	30,33	0,86	98	***	1507	MS;BD
28	Espatuleno	32,55	1,62	98	1576	***	PD
29	Globulol	32,92	2,19	92	1583	1595	MS;BD;IR
30	Viridiflorol	33,19	1,52	92	1590	1595	MS;BD;IR
31	Não Identificado	33,33	0,53	64	***	1600	***
32	Não Identificado	33,95	0,48	47	***	1618	***
33	10-epi-gama-Eudesmol	34,19	5,31	95	1619	1625	MS;BD;IR
34	Hinesol	34,46	0,66	99	1638	1633	MS;BD;IR
35	beta-Eudesmol	35,01	9,61	91	1649	1649	MS;BD;IR
36	alfa-Eudesmol	35,13	4,3	97	1652	***	PD

PD: Padrão; BD: Banco de Dados; MS: Espectro de Massa; IR: Índice de Retenção (Kovats); Pk: Pico.

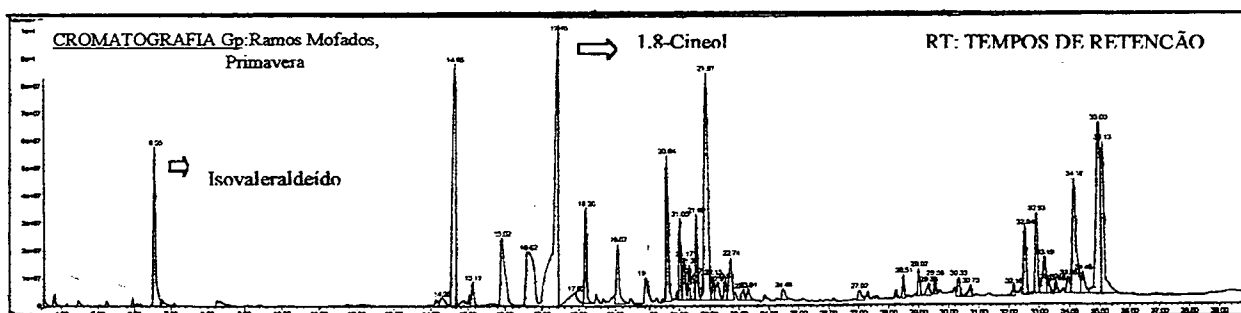
APÊNDICE 16 - COMPONENTES IDENTIFICADOS POR GC/MS-MSD DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS ADULTAS + RAMOS TERMINAIS MOFADOS DE *Eucalyptus smithii* coletados na Primavera (Rp)



Pk	Componente	RT	% (V/V)	Quality	I.R. Literatura	I.R. Calculado	Inferência
1	Isovaleraldeído	6,57	1,36	97			MS
2	alfa-Pineno	14,69	9,12	96	939		MS
3	beta-Pineno	15,94	3,77	96	980		PD
4	alfa-Felandreno	16,65	2,93	97	1005	1004	MS;BD;IR
5	1,8-Cineol	17,52	25,40	95	1033		PD
7	gama-Terpineno	18,2	1,80	98	1062	1059	MS;BD;IR
8	Terpinoleno	19,09	1,63	98	1088	1092	MS;BD;IR
9	trans-Pinocarveol	20,61	1,32	90	1139	1145	MS;BD;IR
10	trans-dihidro-alfa-Terpineol	21,18	1,07	90	1161	1163	MS;BD;IR
11	Terpinen-4-ol	21,60	2,40	97	1147	***	PD
12	alfa-Terpineol	21,94	9,32	84	1189	1192	MS;BD;IR
13	Não Identificado	22,29	0,60	47	***	1208	***
14	Não Identificado	22,64	1,56	76	***	1223	***
15	trans-p-Menta-1(7),8-dien-2-ol	22,76	1,36	70	***	1228	MS;BD
16	Não Identificado	28,52	0,71	99	***	1447	***
17	Alloaromadendreno	29,02	1,00	99	1461	1464	MS
18	Ledeno	30,35	1,15	99	***	1508	MS;BD;IR
19	Espatuleno	32,55	2,57	98	1576	***	PD
20	Globulol	32,93	3,85	97	1583	1587	MS;BD;IR
21	Viridiflorol	33,19	2,78	78	1590	1595	MS;BD;IR
22	Não Identificado	33,32	0,79	91	***	1599	***
23	Não Identificado	33,55	0,88	87	***	1606	***
24	Não Identificado	33,95	1,12	53	***	1617	***
25	10-epi-gama-Eudesmol	34,20	7,89	96	1619	1625	MS;BD;IR
26	Hinesol	34,46	1,64	99	1638	1632	MS;BD;IR
27	beta-Eudesmol	35,06	11,79	92	1649	1649	PD

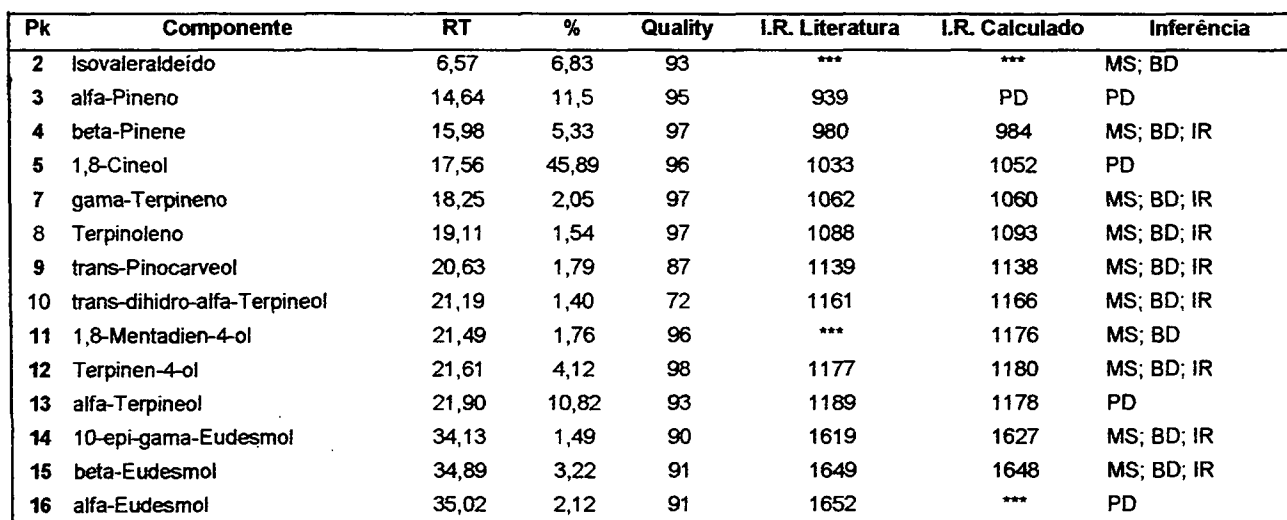
PD: Padrão; BD: Banco de Dados; MS: Espectro de Massa; IR: Índice de Retenção (Kovats); Pk: Pico.

APÊNDICE 17 - COMPONENTES IDENTIFICADOS POR GC/MS-MSD DO ÓLEO ESSENCIAL DOS RAMOS TERMINAIS MOFADOS DE *Eucalyptus smithii* coletados na Primavera (Gp)



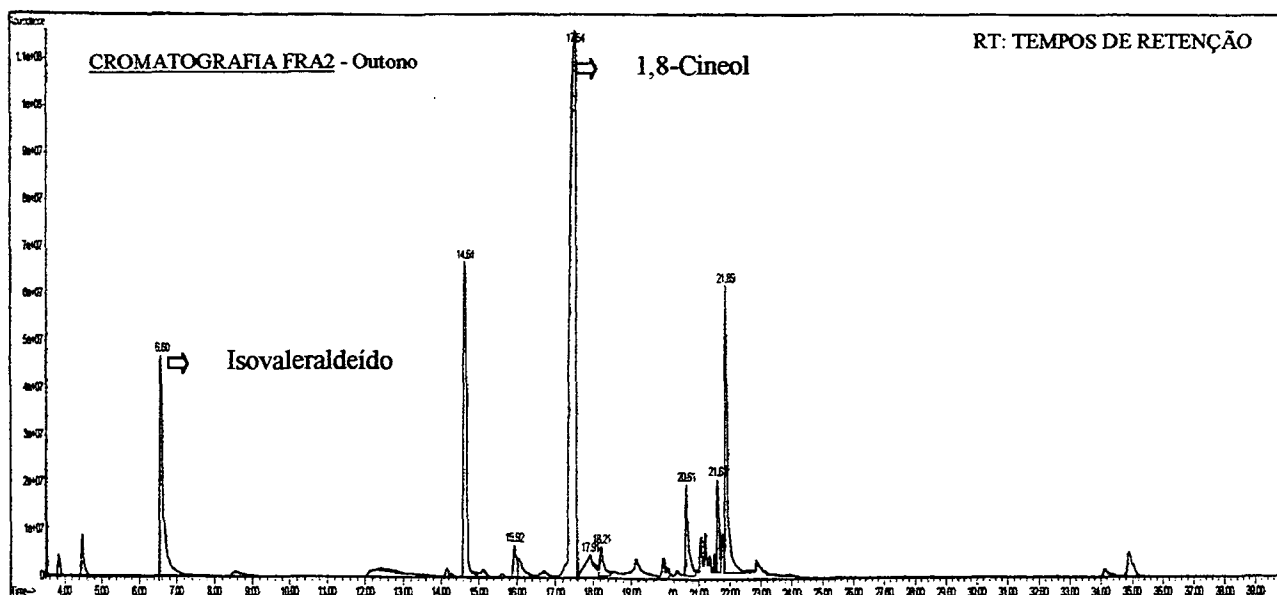
Pk	Componente	RT	% (V/V)	Qual	I.R. Literat	I.R. Calc.	Inferência
1	Isovaleraldeído	6,55	3,95	90	***	***	MS
2	alfa-Tujeno	14,29	0,39	94	***	***	MS;BD
3	alfa-Pineno	14,65	7,78	91	939	***	MS;BD
4	Canfeno	15,12	0,55	97	953	***	MS;BD
5	beta-Pineno	15,92	3,11	97	980	***	PD
6	alfa-Felandreno	16,62	4,06	96	1005	1005	MS;BD;IR
7	1,8-Cineol	17,45	13,94	96	1033	***	PD
9	gama-Terpineno	18,20	2,05	98	1062	1061	MS;BD;IR
10	Terpinoleno	19,07	1,73	97	1088	1093	MS;BD;IR
11	endo-Fencol	19,82	0,72	95	1112	1119	MS;BD;IR
12	alfa-Canfolenal	19,93	0,44	72	1125	1123	MS;IR
13	trans-Pinocarveol	20,64	4,26	47	1139	1146	MS
14	Pinocarvona	21,05	1,96	90	1162	1160	MS;BD;IR
15	trans-dihidro-alfa-Terpineol	21,17	1,14	53	1161	1162	MS;IR
16	Borneol	21,34	0,84	95	1165	1169	MS;BD;IR
17	1,8-Mentadien-4-ol	21,47	0,93	64	***	1173	MS
18	Terpinen-4-ol	21,60	2,22	97	1177	***	PD
19	alfa-Terpineol	21,97	11,35	70	1189	1194	MS;IR
20	Não Identificado	22,13	0,62	60	***	1201	***
21	Não Identificado	22,31	0,84	47	***	1208	***
22	trans-Carveol	22,54	0,59	96	1217	1218	MS;BD;IR
23	trans-p-Menta-1(7),8-dien-2-ol	22,74	1,62	96	***	1227	MS;BD
24	Carvona	23,14	0,43	90	1242	1244	MS;BD;IR
25	Carvotanacetona	23,31	0,41	94	1246	1251	IR;MS
26	Carvacrol	24,48	0,38	94	1298	1299	MS;BD;IR
27	(Z)-Jasmona	27,02	0,42	99	1394	1395	MS;BD;IR
28	Não Identificado	28,51	0,53	99	***	1447	***
29	Alloaromadendreno	29,02	0,71	99	1461	1464	MS;IR
30	Não Identificado	29,33	0,48	97	***	1464	***
31	Não Identificado	29,56	0,43	99	***	1482	***
32	Ledeno	30,33	0,66	99	***	1508	MS
33	delta-Cadineno	30,73	0,41	99	1524	1520	MS;BD;IR
34	Não Identificado	32,16	0,40	99	***	1565	***
35	Espatuleno	32,54	2,04	94	1576	***	PD
36	Globulol	32,93	2,56	94	1583	1588	MS;BD;IR
37	Viridiflorol	33,19	1,63	92	1590	1596	MS;BD;IR
38	Não Identificado	33,32	0,41	90	***	1600	***
39	Não Identificado	33,56	0,39	81	***	1607	***
40	Não Identificado	33,96	0,64	60	***	1618	***
41	10-epi-gama-Eudesmol	34,18	5,52	93	1619	1625	MS;BD;IR
42	Hinesol	34,46	1,0	99	1638	1633	MS;BD;IR
43	beta-Eudesmol	35	9,80	90	1649	1648	MS;BD;IR
44	alfa-Eudesmol	35,13	5,56	90	1652	***	PD

PD: Padrão; BD: Banco de Dados; MS: Espectro de Massa; IR: Índice de Retenção (Kovats); Pk: Pico.



PD: Padrão; BD: Banco de Dados; MS: Espectro de Massa; IR: Índice de Retenção (Kovats); Pk: Pico.

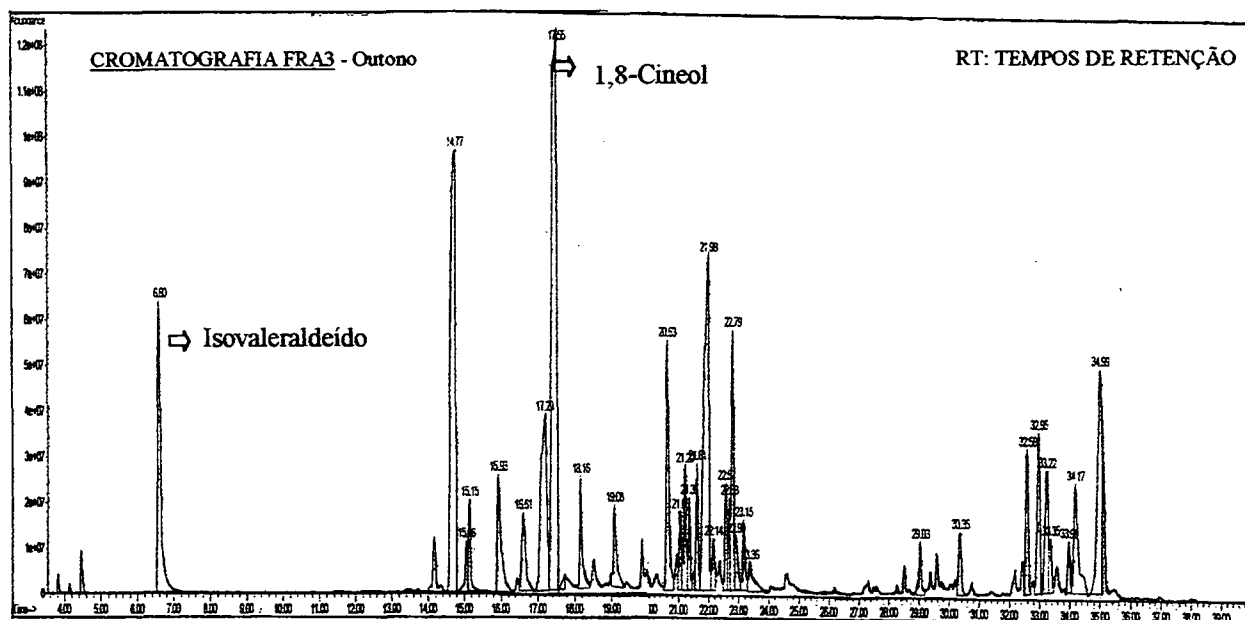
APÊNDICE 19 - COMPONENTES IDENTIFICADOS POR GC/MS-MSD DO ÓLEO ESSENCIAL DA FRAÇÃO 2-o: destilada de 10 minutos a 40 minutos das Folhas Adultas de *Eucalyptus smithii* da coleta de Outono



Pk	Componente	RT	% (V/V)	Qual	I.R. Literat	I.R. Calc.	Inferência
1	Isovaleraldeído	6,6	10,33	58	***	***	MS
2	alfa-Pineno	14,64	13,09	78	939	***	MS
3	beta-Pineno	15,92	1,47	97	980	***	PD
4	1,8-Cineol	17,54	51,82	94	1033	1042	MS;BR;IR
6	gama-Terpineno	18,21	1,67	97	1062	1067	MS;BR;IR
7	trans-Pinocarveol	20,61	4,41	78	1139	1146	MS;BR;IR
8	Terpinen-4-ol	21,61	3,53	96	1177	***	PD
9	alfa-Terpineol	21,89	13,69	64	1189	***	MS

PD: Padrão; BD: Banco de Dados; MS: Espectro de Massa; IR: Índice de Retenção (Kovats); Pk: Pico.

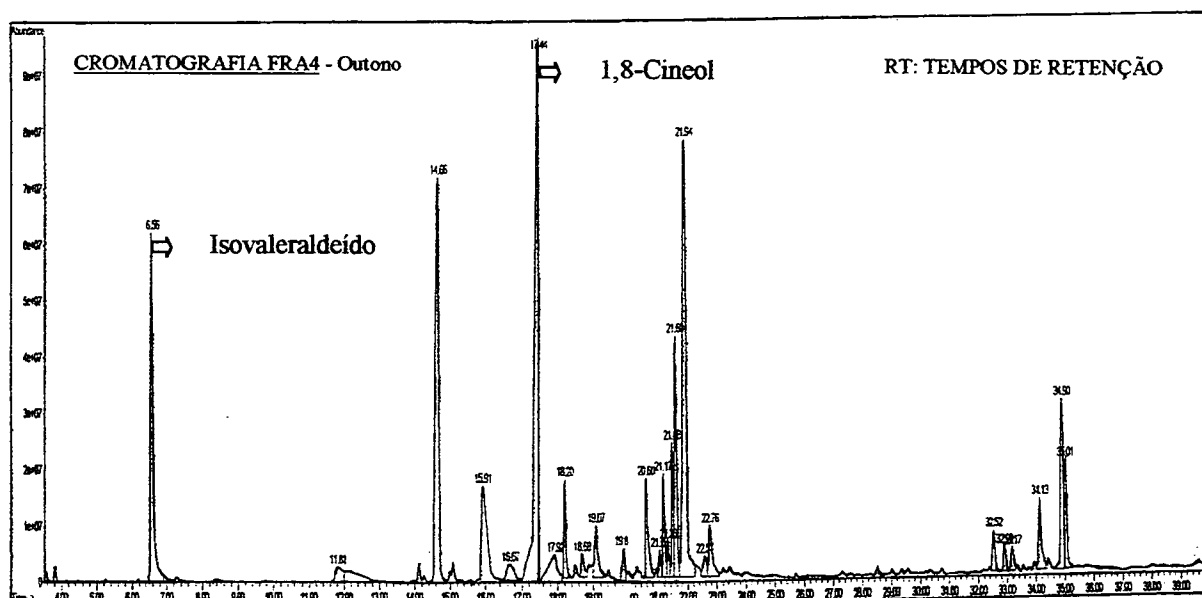
APÊNDICE 20 - COMPONENTES IDENTIFICADOS POR GC/MS-MSD DO ÓLEO ESSENCIAL DA FRAÇÃO 3-o: destilada de 40 minutos a 1 hora e 40 minutos das Folhas Adultas de *Eucalyptus smithii* da coleta de Outono



Pk	Componente	RT	% (V/V)	Quality	I.R. Literatura	I.R. Calculado	Inferência
1	Isovaleraldeído	6,60	4,91	90	***		MS
2	alfa-Pineno	14,77	11,15	95	***	***	MS
3	alfa-Fenqueno	15,06	1,19	98	951	***	MS;BD
4	Canfeno	15,15	0,94	98	953	***	BD
5	beta-Pineno	15,93	1,97	96	980	***	PD
6	alfa-Felandreno	16,61	1,54	81	1005	1003	MS;BD;IR
7	para-Cimeno	17,20	5,32	96	1026	1022	MS;BD;IR
8	1,8-Cineol	17,55	23,10	97	1033	***	PD
9	gama-Terpineno	18,16	1,44	98	1062	1057	MS;BD;IR
10	Terpinoleno	19,08	1,26	97	1088	1091	MS;BD;IR
11	trans-Pinocarveol	20,63	3,64	50	1139	1145	MS;BD;IR
12	Pinocarvona	21,05	0,98	87	1162	1159	MS;BD;IR
13	trans-dihidro-alfa-Terpineol	21,20	1,83	72	1161	1164	MS;IR
14	Borneol	21,35	1,18	93	1165	1168	MS;BD;IR
15	Terpinen-4-ol	21,61	1,65	96	1177	***	PD
16	alfa-Terpineol	21,98	9,74	72	1189	1193	MS;IR
17	Não Identificado	22,14	0,74	91	***	1200	***
18	trans-Carveol	22,57	1,36	97	1217	1219	MS;BD;IR
19	Não Identificado	22,68	0,97	30	***	1224	***
20	trans-p-Menta-1(7),8-dien-2-ol	22,79	3,56	70	***	1229	***
21	cis-Carveol	22,90	0,82	89	1229	1233	MS;BD;IR
22	Carvona	23,15	1,07	96	1242	1244	MS;BD;IR
23	Não Identificado	23,36	0,89	46	***	1253	***
24	Alloaromadendreno	29,03	0,82	99	1461	1464	MS;BD;IR
25	Ledeno	30,35	0,92	99	***	1497	MS;BD
26	Espatuleno	32,58	2,25	98	1576	***	PD
27	Globulol	32,95	2,51	99	1583	1588	MS;BD;IR
28	Viridiflorol	33,22	2,38	83	1590	1596	MS;BD;IR
29	Não Identificado	33,35	0,72	90	***	1600	***
30	Não Identificado	33,96	0,77	50	***	1618	***
31	10-epi-gama-Eudesmol	34,17	2,86	90	1619	1625	MS;IR
32	beta-Eudesmol	34,99	5,49	90	1649	***	PD

PD: Padrão; BD: Banco de Dados; MS: Espectro de Massa; IR: Índice de Retenção (Kovats); Pk: Pico.

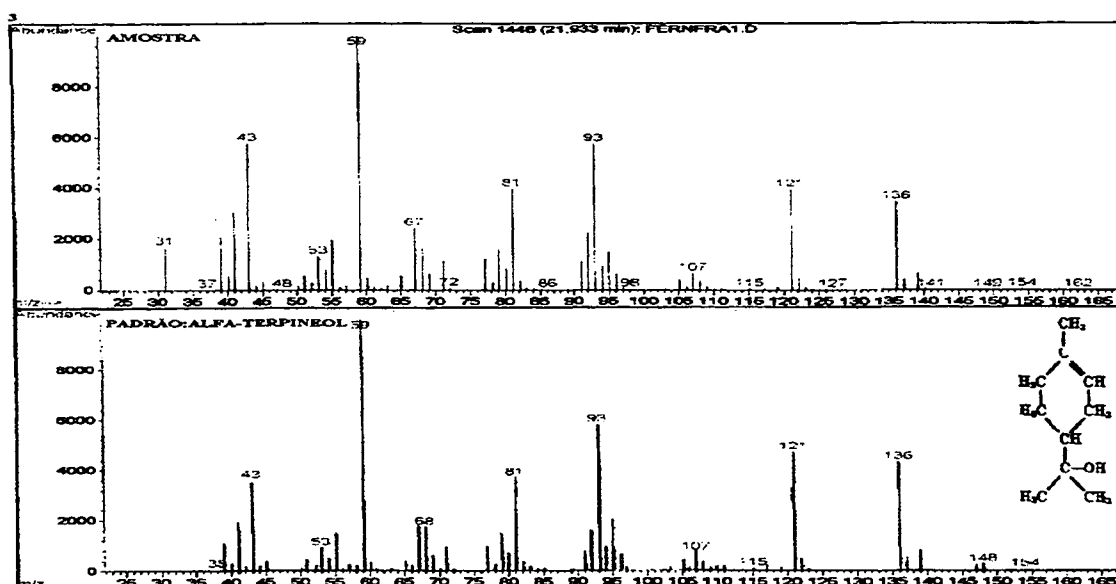
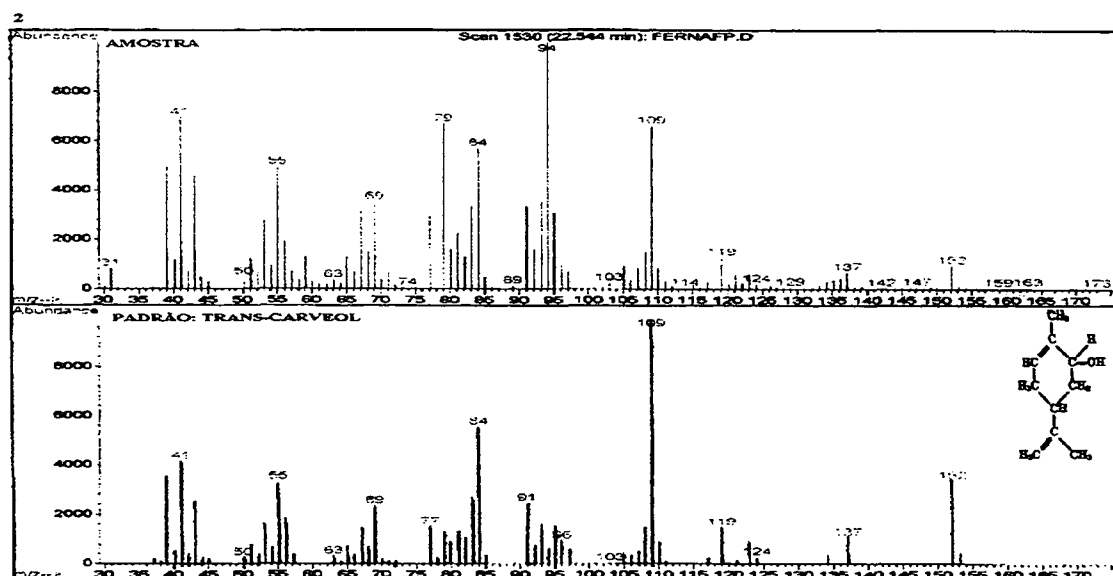
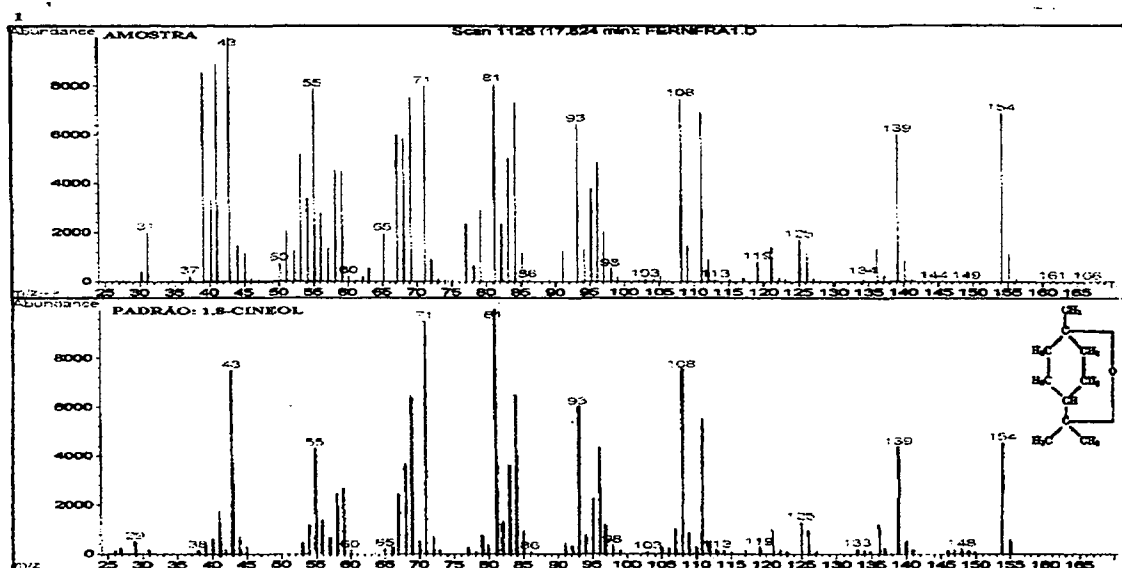
APÊNDICE 21 - COMPONENTES IDENTIFICADOS POR GC/MS-MSD DO ÓLEO ESSENCIAL DA FRAÇÃO 4-o: destilada de 1 hora e 40 minutos à 5 horas das Folhas Adultas de *Eucalyptus smithii* da coleta de Outono



Pk	Componente	RT	% (V/V)	Quality	I.R. Literatura	I.R. Calculado	Inferência
1	Isovaleraldeído	6,56	8,47	90	***	***	MS
2	cis-3-hexenol	11,81	1,14	95	***	***	MS
3	alfa-Pineno	14,66	12,57	90	***	***	MS
4	beta-Pinene	15,91	5,02	95	980	***	PD
5	alfa-Felandreno	16,67	1,04	93	1005	1007	MS;BD;IR
6	1,8-Cineol	17,44	16,64	95	16,9	10,33	PD
8	gama-Terpineno	18,20	1,92	96	1062	1062	MS;BD;IR
9	Não Identificado	18,68	0,69	91	***	1079	***
10	Terpinoleno	19,07	1,58	94	1088	1093	MS;BD;IR
11	endo-Fencol	19,81	0,72	95	1112	1119	MS;BD;IR
12	trans-Pinocarveol	20,60	2,82	72	1139	1145	MS; IR
14	trans-dihidro-Terpineol	21,17	2,55	83	1161	1165	MS
15	Borneol	21,33	0,85	93	1165	1169	MS;BD;IR
16	1,8-mentadien-4-ol	21,48	2,9	96	***	1173	MS;BD
17	Terpinen-4-ol	21,60	5,95	97	1177	***	PD
18	alfa-Terpineol	21,94	17,93	76	1189	1192	MS;BD;IR
19	trans-Carveol	22,57	0,78	76	1217	1220	MS;BD;IR
20	trans-p-Menta-1(7),8-dien-2-ol	22,76	2,11	97	***	1228	MS;BD
21	Espatuleno	32,52	1,06	98	1576	***	PD
22	Globulol	32,9	0,68	98	1583	1588	MS;BD;IR
23	Viridiflorol	33,17	0,72	83	1590	1596	MS;BD
24	10-epi-gama-Eudesmol	34,13	2,53	91	1619	1626	MS
25	beta-Eudesmol	34,90	5,90	91	1649	1649	MS;BD;IR
26	alfa-Eudesmol	35,01	2,88	96	1652	***	PD

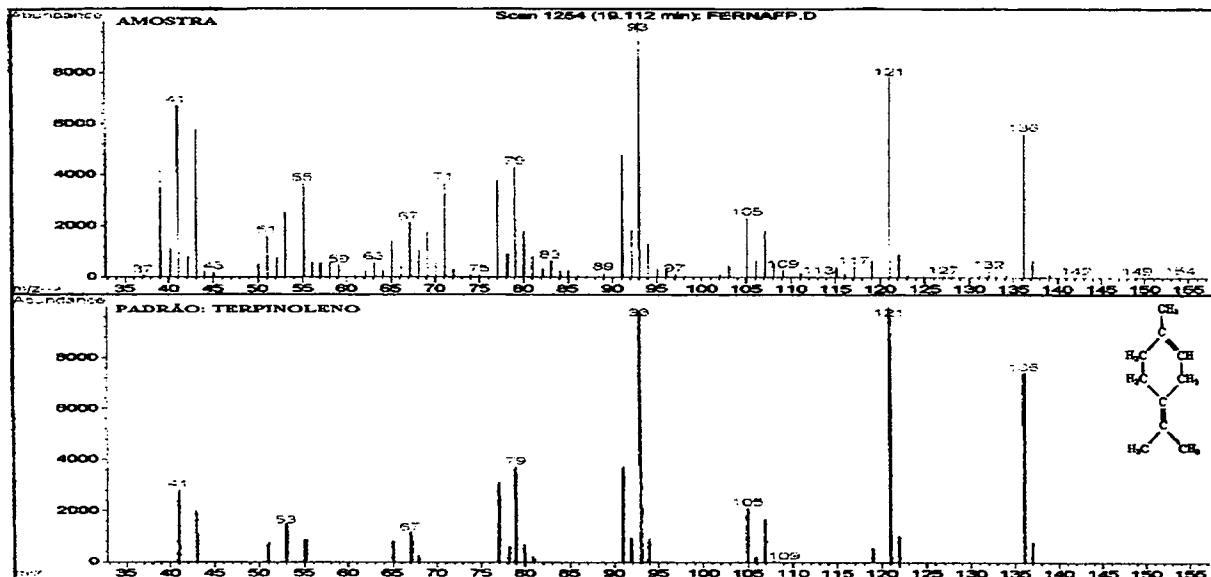
PD: Padrão; BD: Banco de Dados; MS: Espectro de Massa; IR: Índice de Retenção (Kovats); Pk: Pico.

APÊNDICE 22 - ESPECTROS DE MASSAS: 1,8-cineol (1), *trans*-carveol (2) e α -terpineol (3)

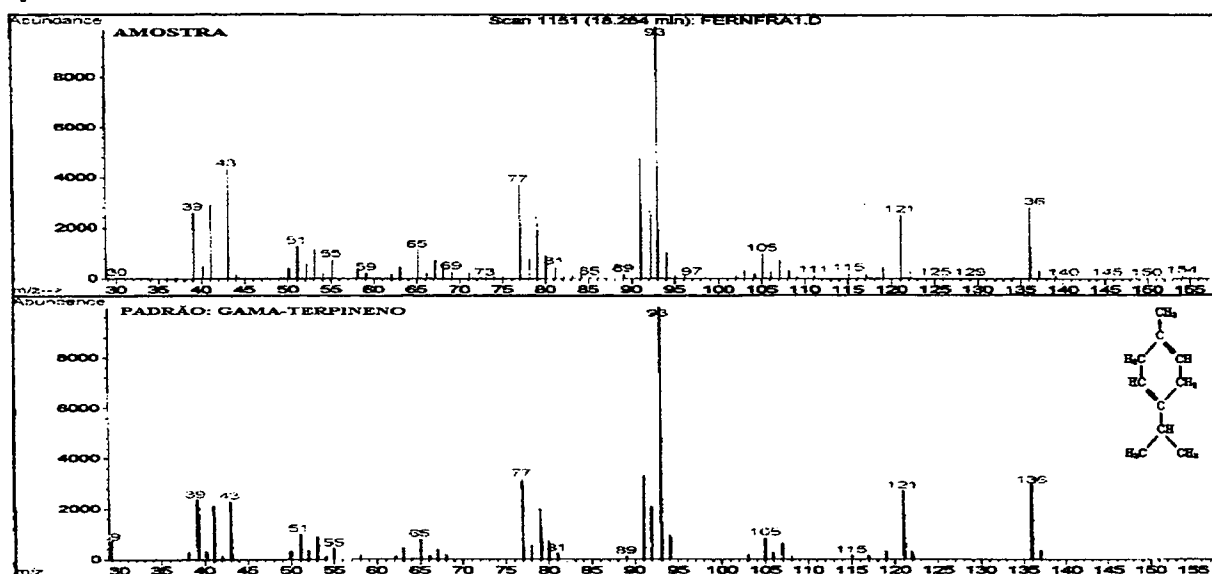


APÊNDICE 23 - ESPECTROS DE MASSAS: terpinoleno (4), γ -terpineno (5) e terpinen-4-ol (6)

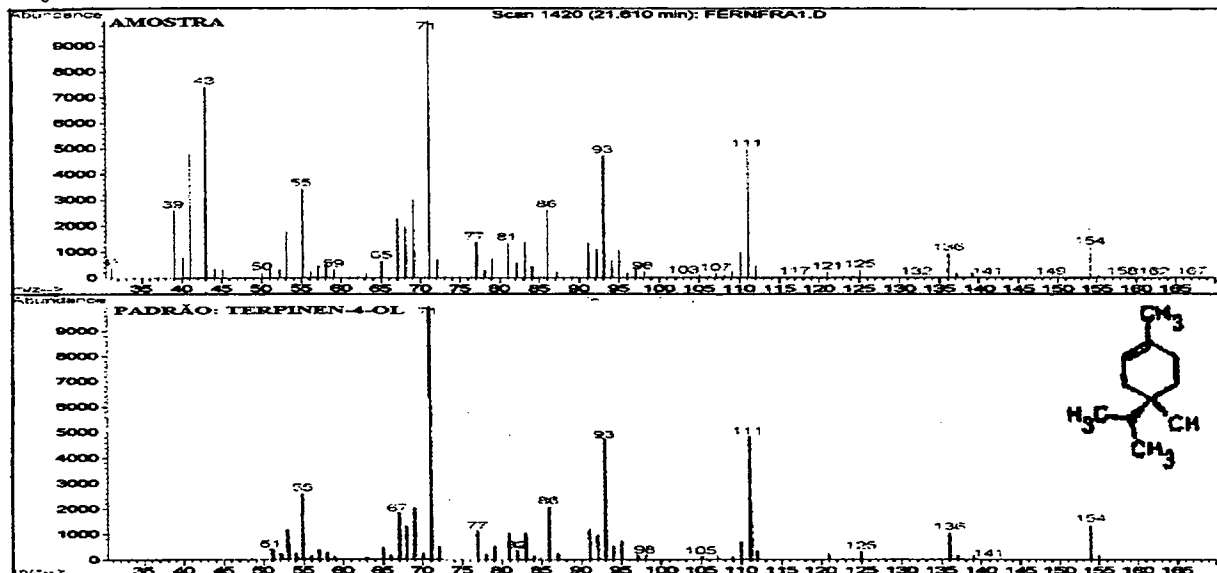
4



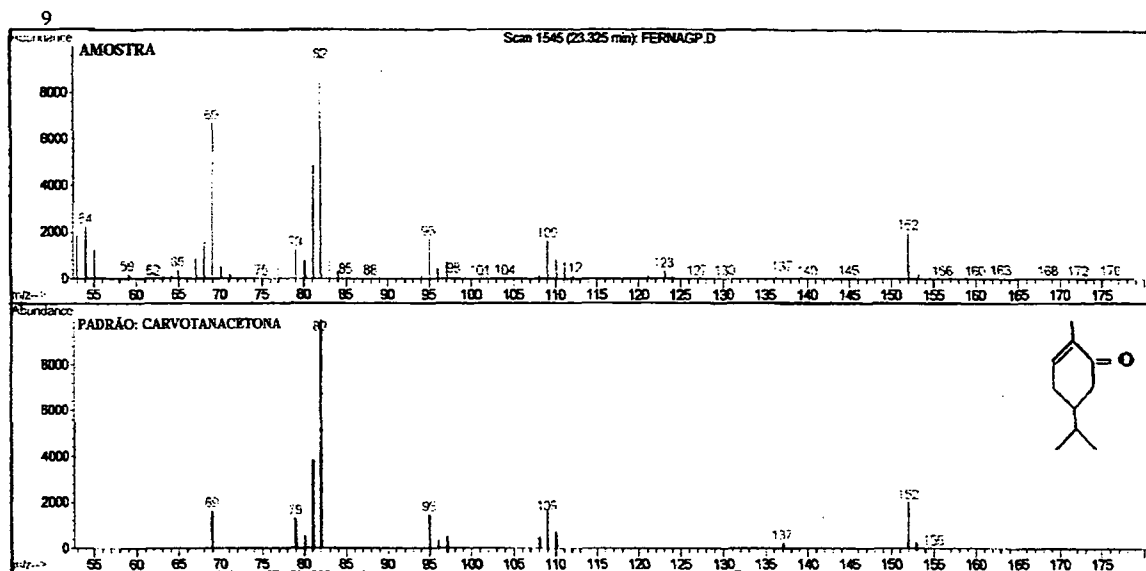
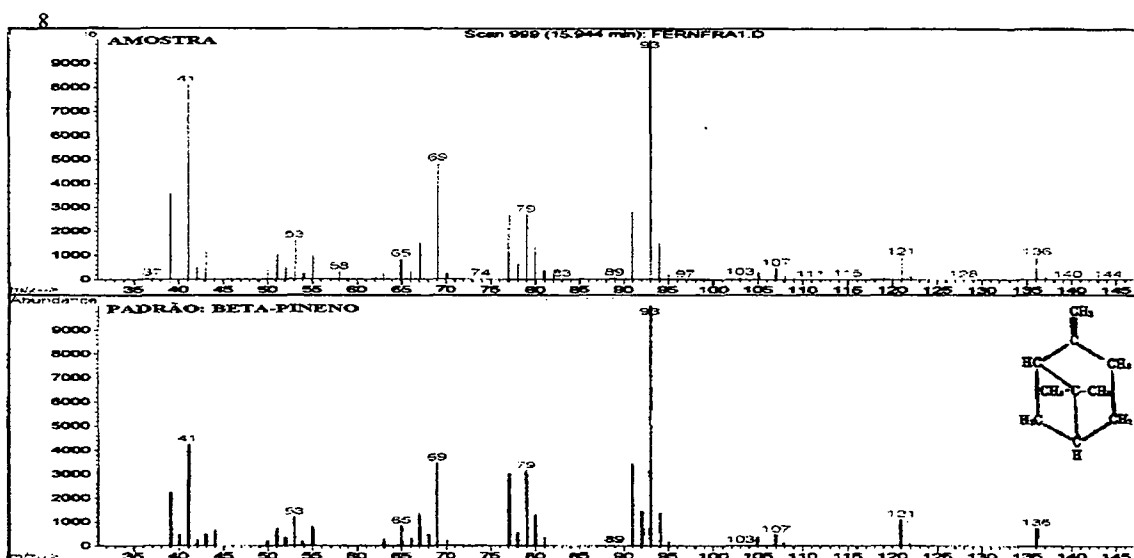
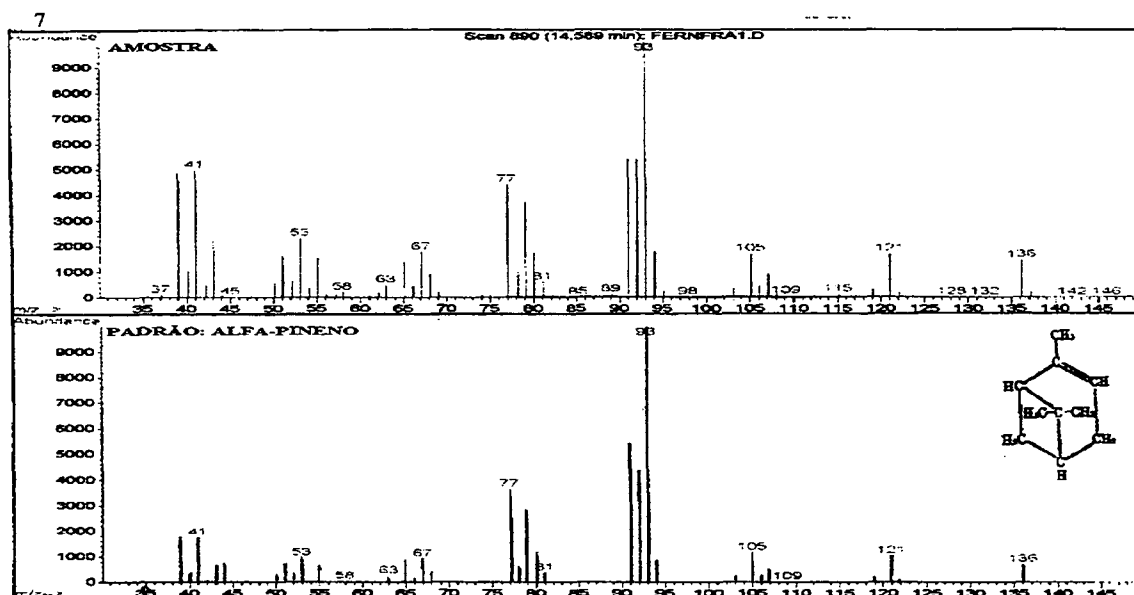
5



6



APÊNDICE 24 - ESPECTROS DE MASSAS: α -pineno (7), β -pineno (8) e carvotanacetona (9)



The figure displays two mass spectra for comparison. The top spectrum, labeled 'AMOSTRA' (Sample), is identified as 'Scan 1638 (24.482 min): FERNAGP.D'. The bottom spectrum, labeled 'PADRÃO: CARVACROL' (Standard: CARVACROL), includes a chemical structure of Carvacrol (CC1=CC=C(C=C1)C(=C)C). Both spectra show relative abundance on the y-axis (0 to 8000+) and m/z on the x-axis (33 to 175). The base peak for both is at m/z 135. Other significant peaks are observed at m/z 51, 67, 77, 91, 107, 115, 121, and 150.

AMOSTRA

Scan 1051 (18.711 min): FERNAPP.D

Abundance

m/z

41 51 55 65 77 82 87 93 98 105 110 119 127 136 142 146 152 155

PADRÃO: ALFA-FELANDRENO

Abundance

m/z

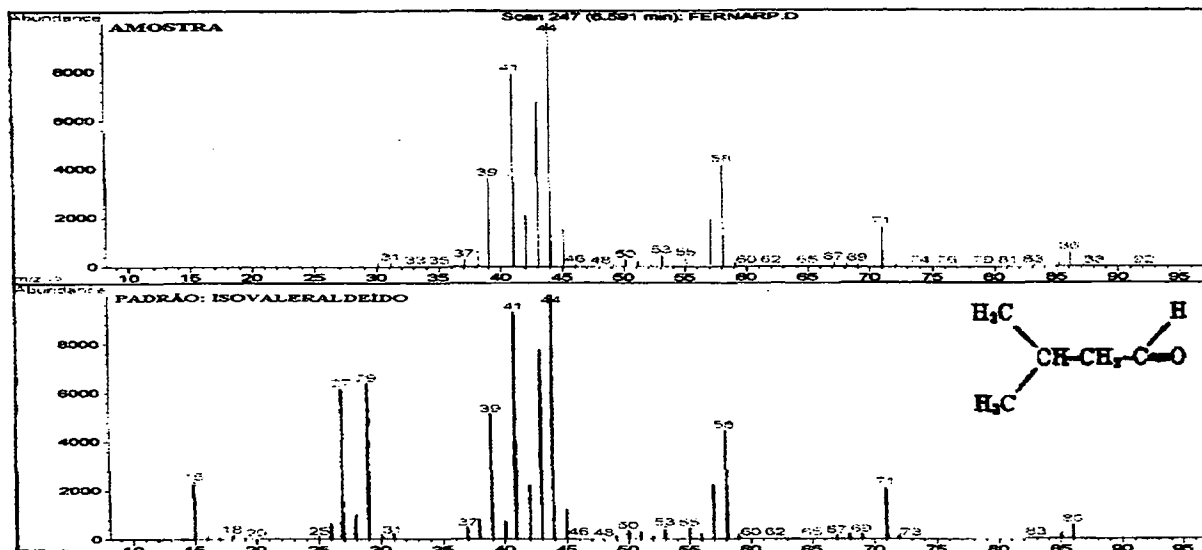
15 27 35 44 51 59 65 77 87 93 105 119 136

CC(C)c1ccc(C)cc1

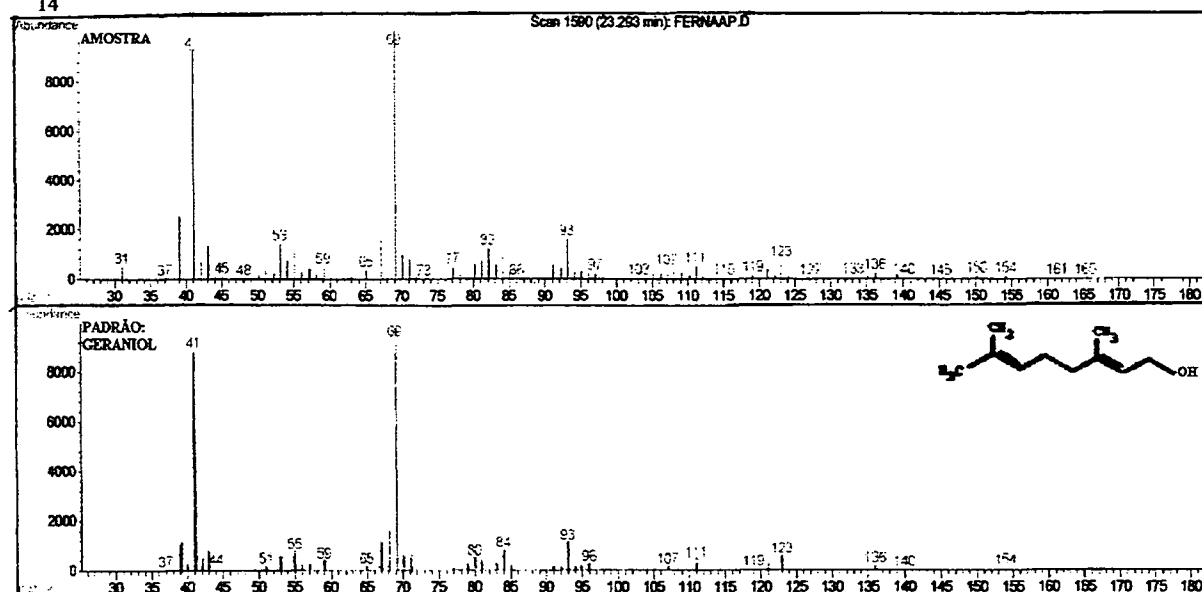
Figure 1 displays two mass spectra. The top spectrum is the experimental mass spectrum for sample 14, showing relative abundance versus mass-to-charge ratio (m/z). The base peak is at m/z 41. Other significant peaks are labeled at m/z 55, 69, 79, 91, 107, 119, 133, 147, 161, 187, and 204. The bottom spectrum is the reference mass spectrum for 1,1,1,2,2,2-hexadeuterio-1,2,3,4-tetrahydronaphthalene (labeled as 1,1,1,2,2,2-hexadeuterio-1,2,3,4-tetrahydronaphthalene in the image). The base peak is at m/z 81. Other significant peaks are labeled at m/z 55, 67, 75, 105, 119, 133, 147, 161, 175, and 197. The chemical structure of the reference compound is shown on the right, with deuterium atoms (D) indicated at the 1 and 2 positions of the naphthalene ring system.

APÊNDICE 26 - ESPECTROS DE MASSAS: isovaleraldeído (13), geraniol (14) e álcool fencol (15)

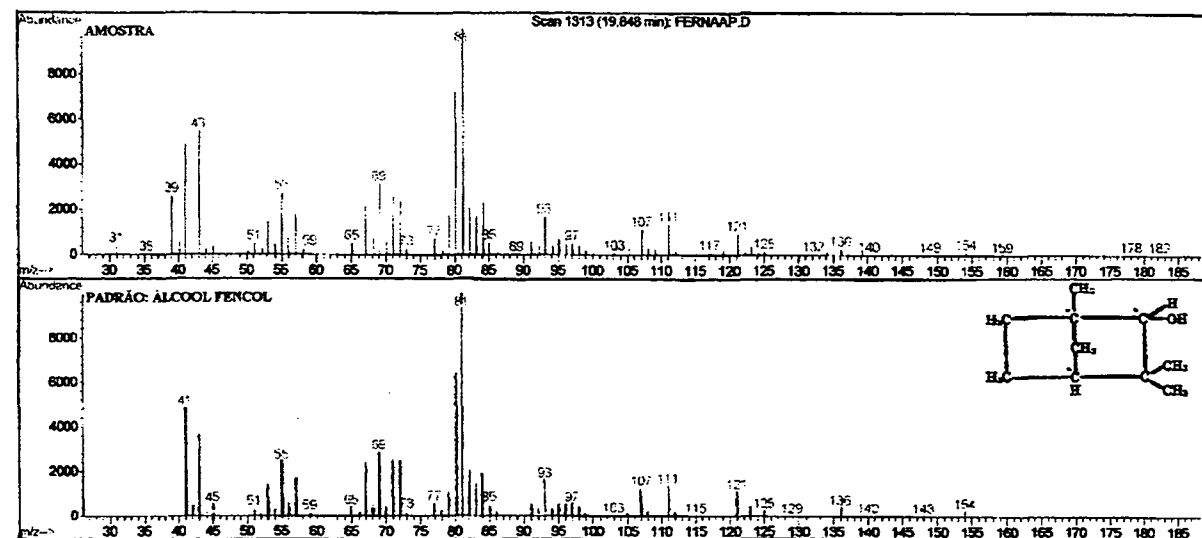
13



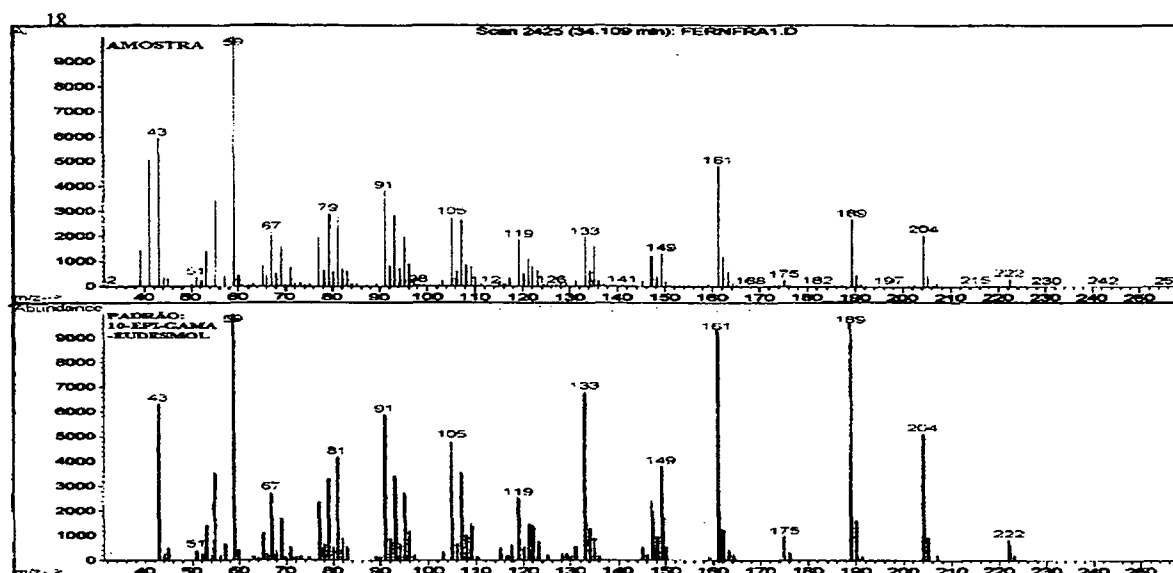
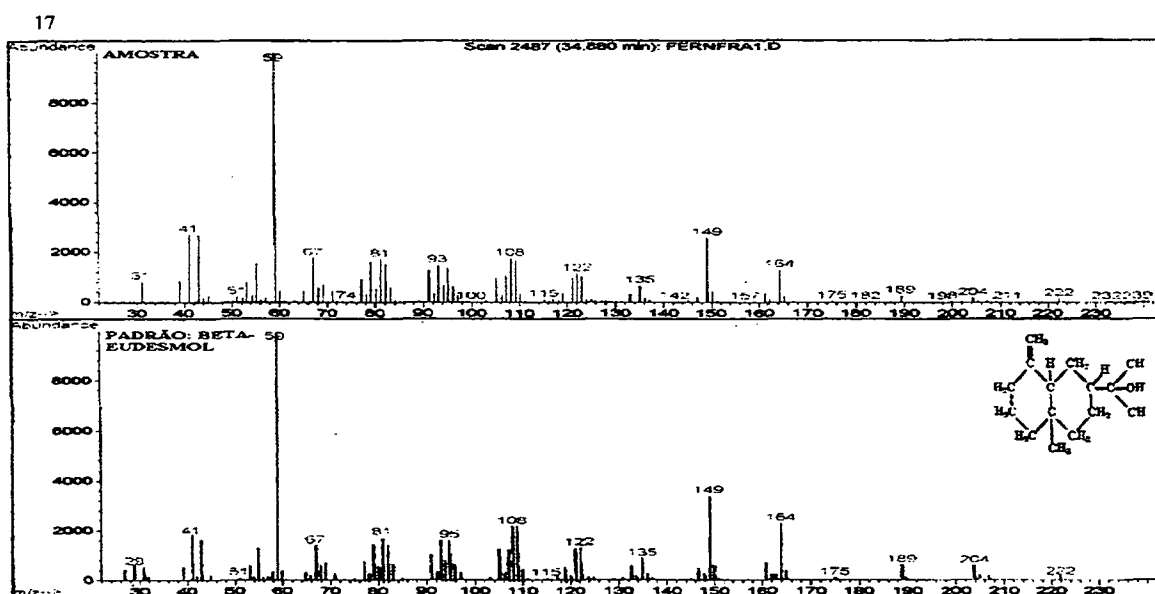
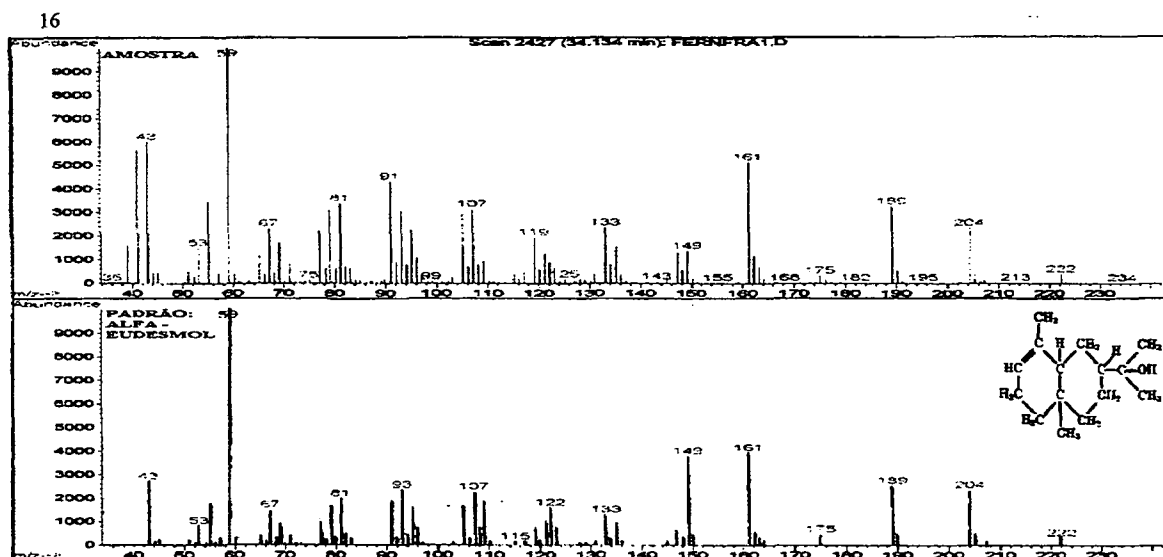
14



15

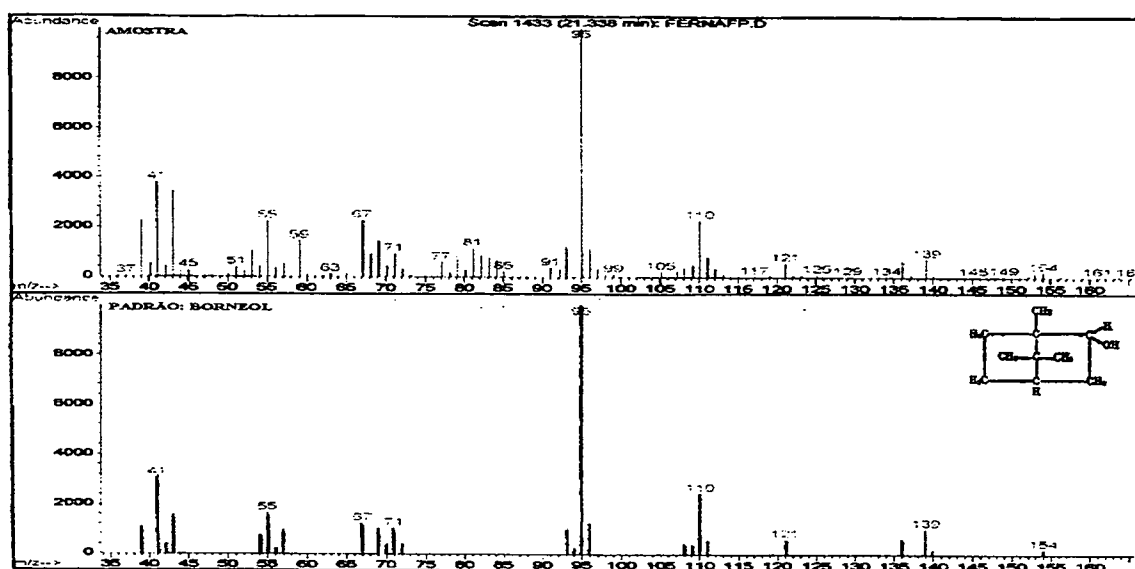


APÊNDICE 27 - ESPECTROS DE MASSAS: α -eudesmol (16), β -eudesmol (17) e 10-epi- γ -eudesmol (18)

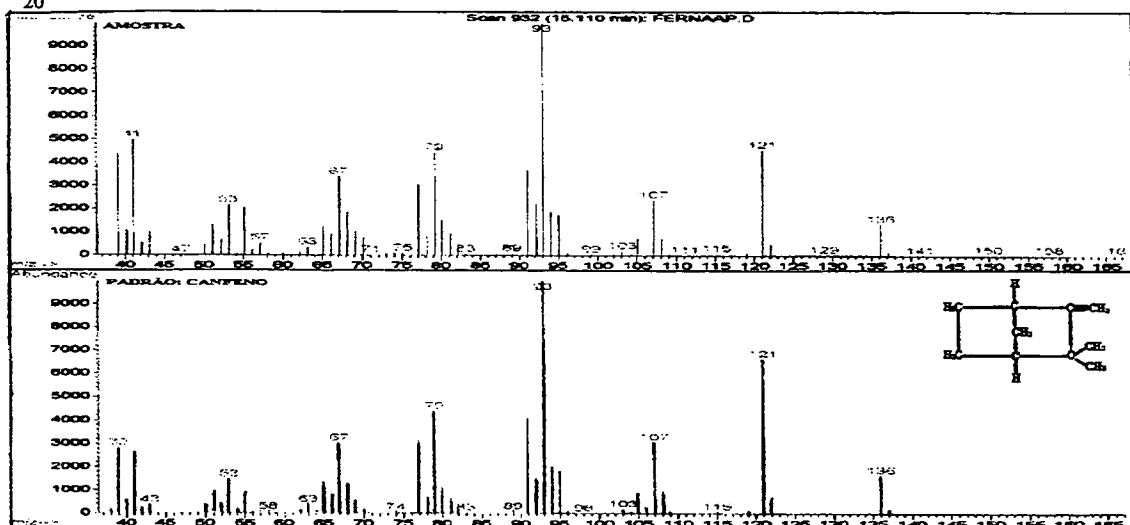


APÊNDICE 28 - ESPECTROS DE MASSAS: borneol (19), canfeno (20) e α -fenqueno (21)

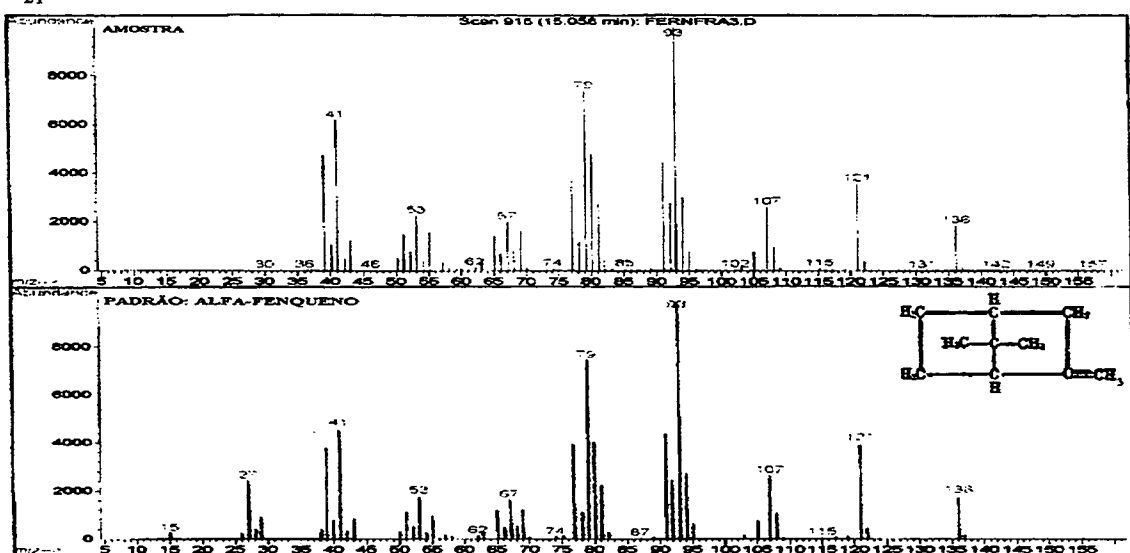
19



20

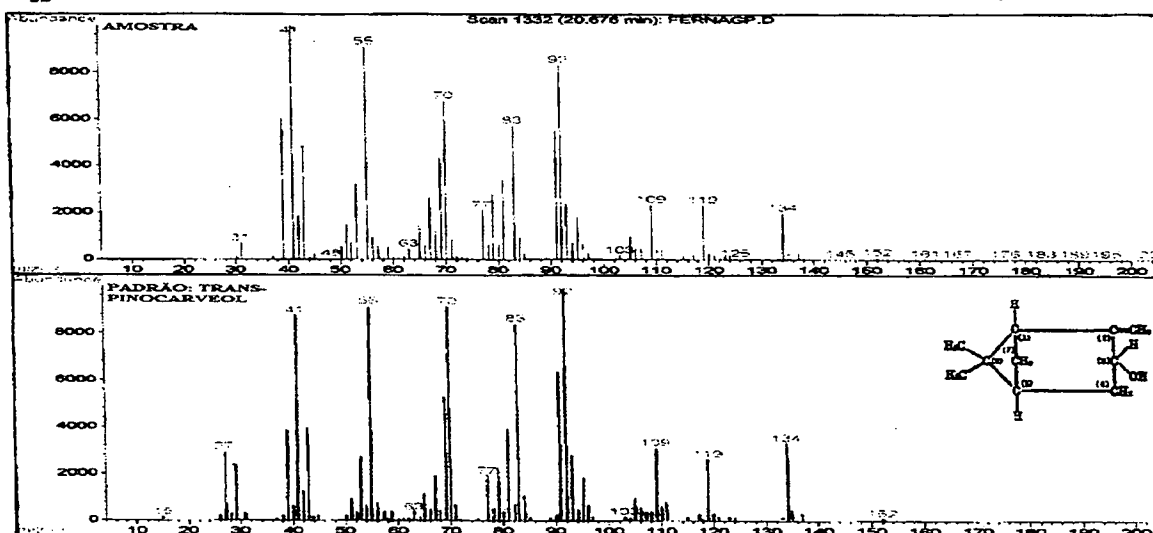


21

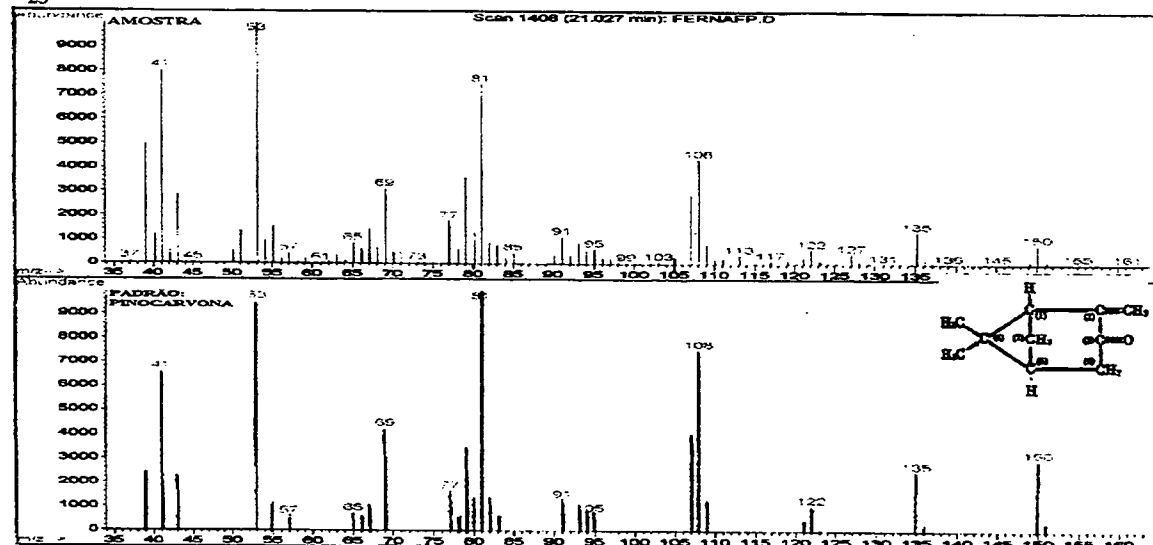


APÊNDICE 29 - ESPECTROS DE MASSAS: *trans*-pinocarveol (22), pinocarvona (23) e espatulenol (24)

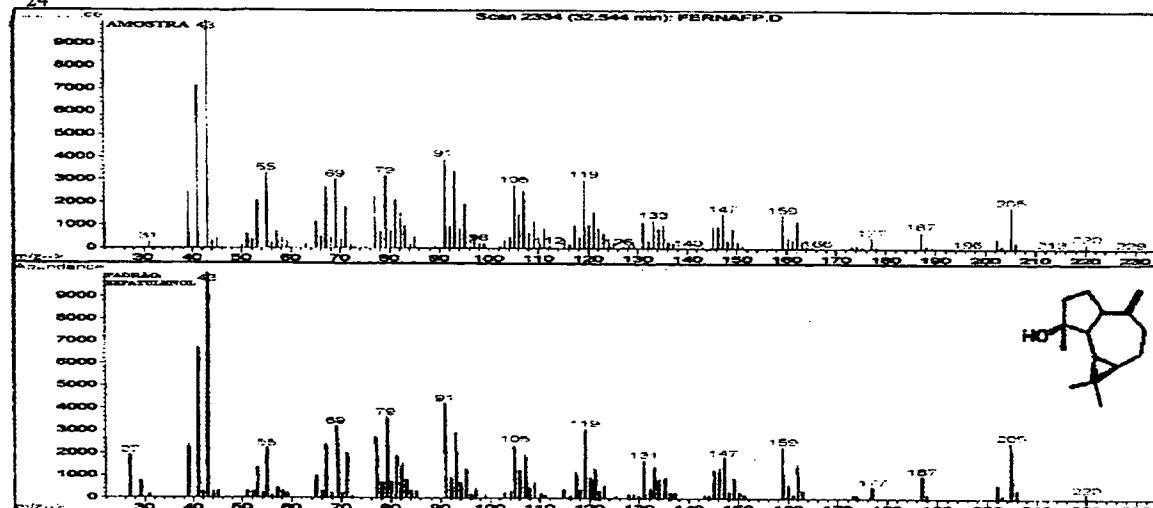
22



23

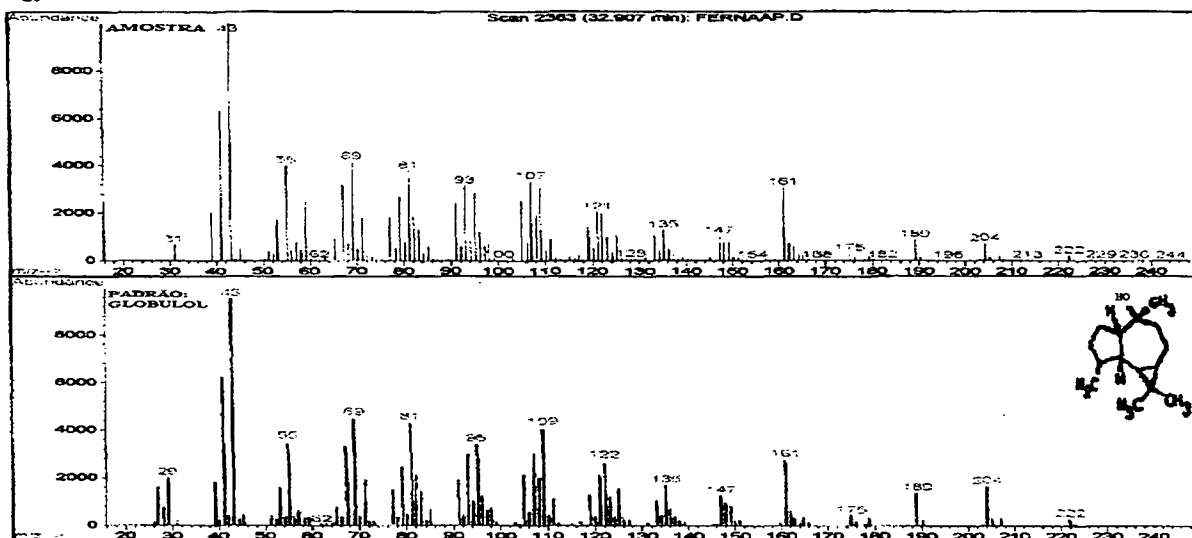


24

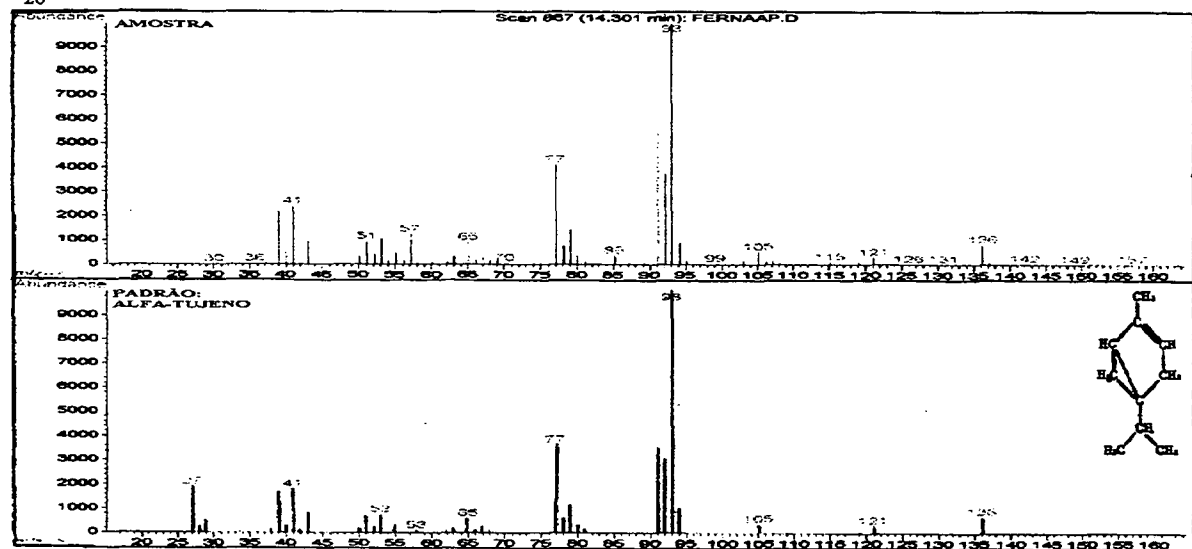


APÊNDICE 30 - ESPECTROS DE MASSAS: globulol (25), α -tujeno (26) e hinesol (27)

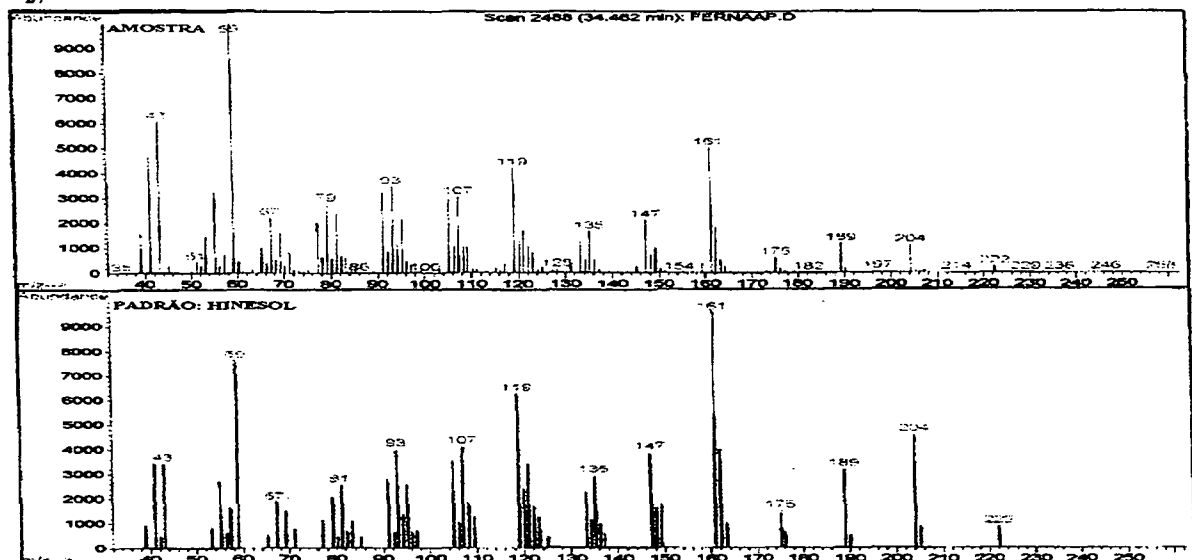
25



26

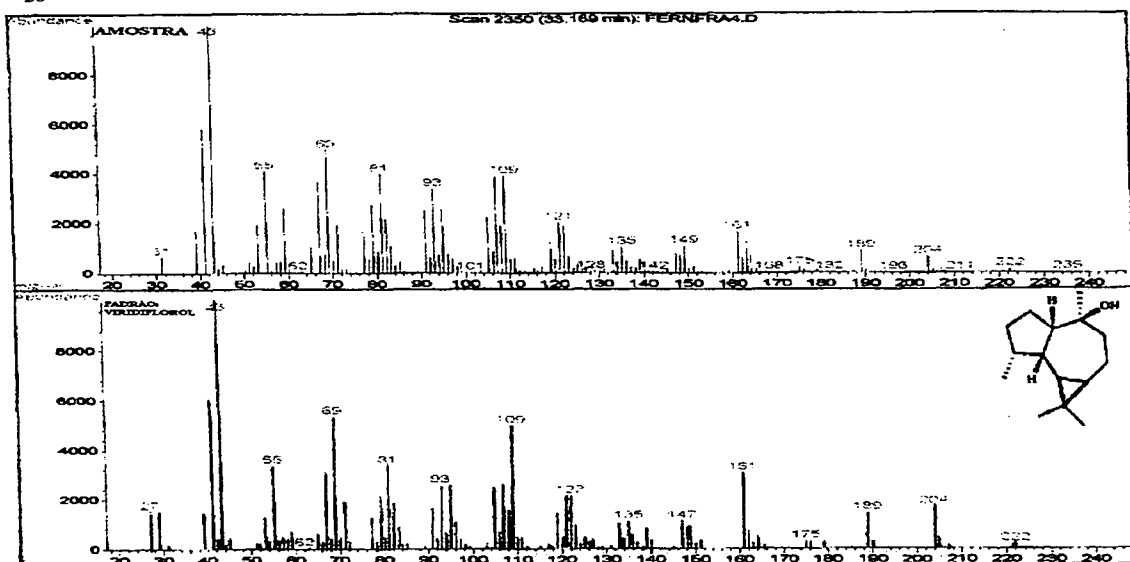


27

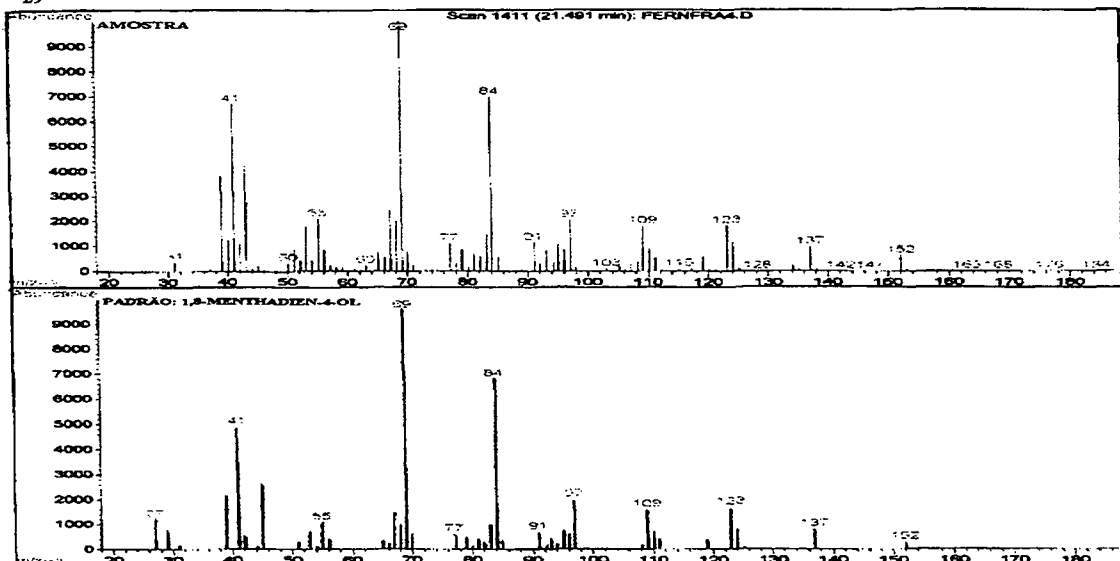


APÊNDICE 31 - ESPECTROS DE MASSAS: viridiflorol (28), 1,8-mentadien-4-ol (29) e *trans*-p-menta-1(7),8-dien-2-ol (30)

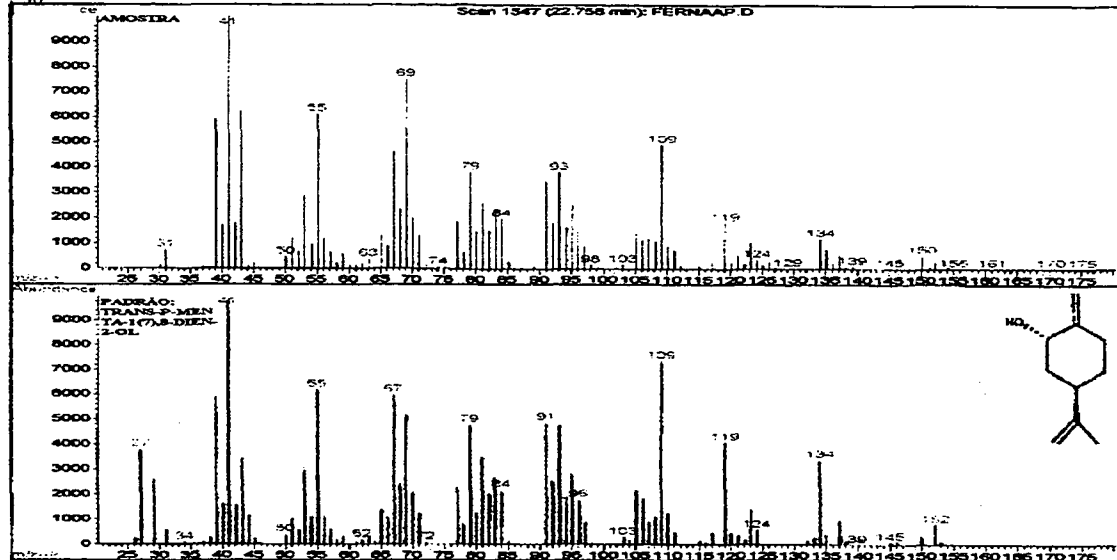
28



29



30



• CUSTO DE PRODUÇÃO DAS ÁRVORES E CORTE DE MATERIAL

- base de cálculo: 1 hectare plantado

Espaçamento entre as plantas: 1,5 m x 3 m, resultando em 3333 árvores/ha;

Primeiro corte: 1,5 anos após o plantio, com produção de 4000 kg/ha;

2º corte: 10 meses após o primeiro corte, com média de produção de 6000 kg/ha;

Cortes subsequentes: a cada ano, com produção média de 6000 kg/ha;

Rendimento em óleo essencial: 2%;

Produção média adotada: 6000 kg/ano.ha.

a) Investimento inicial: aquisição da terra: R\$ 2000,00/ha, no interior do Paraná. Valor não remunerado e não depreciado: a terra tem sua própria valorização.

b) Mão-de-obra para o Plantio:

15 diárias para preparação do terreno;

30 diárias para plantio;

60 diárias para conservação até maturidade (2,5 anos do plantio);

Total : 105 diárias

Salário adotado: R\$ 300,00/mês

Encargos sociais: 110%. Dispêndio por unidade de salário: $2,1 \times 300 = \text{R\$ } 630,00$

Valor da diária: $630/30 = \text{R\$ } 21,00/\text{dia}$

Dispêndio total com salário: $21 \times 105 = \text{R\$ } 2205,00$

Considerando retorno em 25 anos (duração máxima da cultura de 30 anos):

$2205,00/25 = 88,2/\text{ano}$

Incidência do investimento inicial na produção: $88,2/6\text{toneladas} = \text{R\$ } 14,70/\text{tonelada}$

c) Despesas com Corte e Transporte:

Considerando 12 diárias para o corte de 1 hectare: $12 \times 21 = \text{R\$ } 252,00/\text{ha}$

Por tonelada produzida: $252/6 \text{ toneladas} = \text{R\$ } 42,00/\text{tonelada}$

Investimento para veículo de transporte: Caminhão: R\$ 40000,00

Depreciação em 10 anos: $40000/10 = \text{R\$ } 4000/\text{ano}$

Manutenção: 4 % ao ano = $0,04 \times 40000 = \text{R\$ } 1.600,00$

Total por ano: R\$ 5600,00

Total por dia: $5600/264 = \text{R\$ } 21,21/\text{dia}$

Salário do motorista: R\$ 500,00/mês.

Encargos sociais: 110% = $2,1 \times 500 = \text{R\$ } 1050,00/\text{mês}$

Por dia: $1050/30 = \text{R\$ } 35,00/\text{dia}$

Total por dia: $21,21 + 35 = \text{R\$ } 56,21$

Tempo despendido para o transporte por ha: 0,5 do dia (4h): $56,21 \times 0,5 = \text{R\$ } 28,10$

Por tonelada: $28,1/6 = \text{R\$ } 4,70/\text{tonelada}$

Total de despesas de corte e transporte por tonelada: $42,0 + 4,7 = \text{R\$ } 46,70/\text{ton}$

Observa-se que o custo médio de produção da tonelada de folhas na porta da fábrica é de R\$ 46,70 aproximadamente à informação pessoal adquirida pela Destilaria Três Barras Ltda (anexo 6), onde compra-se a tonelada de folhas pelo valor em torno de R\$ 40,00.

• CUSTOS ENVOLVIDOS NO PROCESSO

Os valores obtidos para os equipamentos e obras civis, neste trabalho, foram retirados de PETERS e TIMMENRHAUS (1985).

- a) 1 dorna: para processamento de 1 tonelada, em aço Inox AISI 304, com volume de 3 m³:
R\$ 38400,00
Depreciação em 10 anos: $38400/10 = 3840/\text{ano} = 3840/264 \text{ dias} = \text{R\$ } 14,54/\text{dia}$

Regime de operação da dorna:

tempo de carga: 0,5 hora;
tempo de descarga: 0,5 hora;
tempo de processamento: 1 hora;
total de bateladas por dia: 4;
depreciação por tonelada: $14,54/4 = \text{R\$ } 3,63$.

- b) 1 caldeira: para produção de 500 kg/h de vapor de baixa pressão: R\$ 14400,00
Depreciação em 10 anos: $14400/10 = \text{R\$ } 1440,00/\text{ano}$
Manutenção: 4% ao ano: $0,04 \times 14400 = \text{R\$ } 576,00/\text{ano}$
Por hora de operação: 8 horas x 264 dias = 2112 horas/ano
 $1440 + 576 = 2016/2112 = \text{R\$ } 0,95/\text{hora}$.

Energia para geração do vapor: empregando água a 50°C (retorno do condensador da dorna):
segundo tabela de vapor saturado: 613,4 kcal/kg de vapor = 2567,7 kJ/kg

Poder calorífico inferior (PCI) do óleo combustível (BPF): 9800 kcal/kg = 41023 kJ/kg

Eficiência da caldeira: 85%.

Energia útil para geração do vapor: $9800 \times 0,85 = 8330 \text{ kcal/kg} = 34869 \text{ kJ/kg}$

Consumo para geração de 1 kg de vapor: $613,4/8330 = 0,0736 \text{ kg de óleo}$

Custo do óleo combustível: R\$ 0,32/kg de óleo

Custo do óleo para gerar o vapor: R\$ 0,0235/kg de vapor

Consumo de vapor para processamento de 1 tonelada de material: considerando o aquecimento da carga e destilação do produto: 400 kg de vapor

Custo do vapor = $400 \times 0,0235 = \text{R\$ } 9,40/\text{tonelada processada}$.

- c) Torre de Resfriamento: os vapores obtidos na dorna deverão ser condensados. O condensador poderá operar com água alimentada a partir de manancial perene (riacho) e então descartada, ou então água de recirculação com uma torre de resfriamento.

Carga térmica da torre (obtida a partir da dorna): 50200 kJ/h

Custo da torre com circulação induzida: R\$ 8320,00

Depreciação em 10 anos: $8320,00/10 = \text{R\$ } 832,00/\text{ano}$

Considerando 8 horas de operação por dia: $832,00/2112 \text{ horas} = \text{R\$ } 0,39/\text{h}$

Considerando 4 bateladas por dia: $0,39 \times 2 = \text{R\$ } 0,78/\text{tonelada processada}$.

- d) Energia Elétrica: considerando operação de uma bomba para circulação de água, operação da caldeira e consumo geral (iluminação e uso genérico):

Energia elétrica para a bomba: 2000 W

Custo da energia: $\text{R\$ } 0,073/\text{kW.h}$

Custo: $0,073 \times 2,0 \text{ kW} \times 1 \text{ hora} = \text{R\$ } 0,15/\text{tonelada processada}$.

- e) Obras Cíveis e Materiais (galpão, instalações elétricas, circulação, drenagem, etc.):

Investimento inicial: $\text{R\$ } 85000,00$

Depreciação em 10 anos: $85000/10 = \text{R\$ } 8500,00/\text{ano}$

Por tonelada processada: $8500/264 = \text{R\$ } 32,19/\text{dia de operação}$

Considerando 4 dornas operando: $32,16/16 = \text{R\$ } 2,16/\text{tonelada processada}$.

- f) Mão-de-obra: considerando um total de 6 operários:

Salário mensal de $\text{R\$ } 300,00$ com 110% de encargos sociais: total de $\text{R\$ } 630,00$

Total: $6 \times 630 = \text{R\$ } 3780,00$

Total de bateladas no mês: com 4 dornas: $16 \text{ bateladas no dia} \times 22 = 352 \text{ bateladas}$

Por tonelada processada: $3780/352 = \text{R\$ } 10,73/\text{tonelada}$

Resumo dos Custos

	<u>R\$/tonelada</u>	<u>% do total</u>	<u>U\$/Tonelada</u>
Capital Fixo: Plantio da cultura.....	14,70	16,66	6,36
Corte e transporte.....	46,70	52,92	20,22
Dorna	3,63	4,11	1,57
Torre de Resfriamento	0,78	0,88	0,33
Energia: vapor.....	9,40	10,65	4,07
eletricidade.....	0,15	0,17	0,06
Mão-de-obra	10,73	12,16	4,65
Obra cíveis.....	2,16	2,45	0,94
Total	88,25/ton	100,00%	38,20/ton

• CUSTOS DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*

Considerando-se o rendimento de 2,00% em óleo essencial do material coletado, tem-se que:

$1000 \text{ kg} \times 0,02 = 20 \text{ kg de óleo/tonelada de folhas destiladas}$.

Custos da produção de óleo essencial = $88,25/20 = \text{R\$ } 4,41/\text{kg}$ (preço sem imposto) = $\text{US\$ } 1,91/\text{kg}$ de óleo essencial produzido, ou seja, a produção é viável, pois os preços médios anuais de exportação têm atingido nos últimos 10 anos, os valores de $\text{US\$ } 4,37$ a $\text{US\$ } 11,47$.

O óleo essencial de eucalipto, com a finalidade de exportação, não apresenta tributos, pois é imune a estas taxas. Porém, o óleo essencial de eucalipto importado apresenta a incidência direta de tributos sobre o produto, tais como o IPI (5%) e o Imposto sobre Importação (13,5%).

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 - NOMES DOS COMPONENTES PRESENTES NO <i>Eucalyptus smithii</i>	218
ANEXO 2 - PRINCIPAIS UTILIZAÇÕES DOS COMPONENTES PRESENTES NO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus smithii</i>	220
ANEXO 3 - IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO BRASILEIRA DE ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO EM US\$FOB NO PERÍODO DE 1992 A 10/2001	222
ANEXO 4 - IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO BRASILEIRA DE ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO EM PESO LÍQUIDO (KG) NO PERÍODO DE 1992 A 10/2001	223
ANEXO 5 - PREÇOS MÉDIOS (US\$FOB) DA IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO BRASILEIRA DE ÓLEO ESSENCIAL ESSENCIAL DE EUCALIPTO NO PERÍODO DE 1992 A 10/2001	224
ANEXO 6 - POTENCIAIS EXPORTADORES E IMPORTADORES DE ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO NO BRASIL	225

ANEXO 1 - NOMES DOS COMPONENTES PRESENTES NO *Eucalyptus smithii*

- Borneol: bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,7,7-trimetyl-, 1,7,7-trimetylbicyclo[2.2.1]heptan-2-ol; bingpian (WILEY, 1996); endo-1,7,7-trimetylbicyclo[2.2.1]heptan-2-ol; endo-2-bornanol; endo-2-camphanol; endo-2-hydroxycamphane; bornyl alcohol (THE MERCK INDEX, 1989). Álcool bicíclico terpênico (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963);
- Canfeno: 2,2-dimethyl-3-methylenebicyclo [2.2.1] heptane; 2,2-dimethyl- 3 -methylenenorbornane; 3,3-dimethyl-2-methylenenorborcamphane (THE MERCK INDEX, 1989). Hidrocarboneto bicíclico terpênico;
- α -Canfolenal: α -campholene aldehyde; cyclopentanecarboxaldehyde, 1,2,2,3-tetramethyl; campholaldehyde (WILEY, 1996);
- Carvacrol: 2-hydroxy-4-isopropyl-1-methylbenzene; toluol, 2-hydroxy-4-isopropyl- (WILEY, 1996); 2-methyl-5-(1-methylethyl)phenol; 2-*p*-cymenol; 2-hydroxy-*p*-cymene; isopropyl-*o*-cresol; isothymol. Fenol (THE MERCK INDEX, 1989);
- trans-Carveol: 2-cyclohexen-1-ol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-, trans-; *p*-mentha-6,9-dien-2-ol, trans- (WILEY, 1996). Álcool monocíclico terpênico (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963);
- Carvona: carvol; 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-2-cyclohexene-1-one; *p*-mentha-6,8-dien-2-one (THE MERCK INDEX, 1989);
- Carvotanacetona: 6-*p*-menteno-2-ona (COSTA, 1986); 2-cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-; (+)-carvotanacetone (WILEY, 1996);
- *p*-Cimeno: isopropyltoluene; methylisopropylbenzene (THE MERCK INDEX, 1989); cymol; 1-methyl-4-isopropylbenzene (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963); 1-isopropyl-4-methylbenzene; 4-isopropyltoluene (FLUKA, 1995);
- 1,8-cineol: eucaliptol, cajeputol, 1,8-epoxy-*p*-menthane; 1,3,3-trimethyl-2-oxabicyclo[2.2.2]-octane (THE MERCK INDEX, 1989), 2-oxabicyclo[2.2.2]octane, 1,3,3-trimethyl-; terpan; zineol; eucapur; *p*-cineole (WILEY, 1996);
- Eudesmol: Eudesmol: selinelol. Álcool bicíclico sesquiterpênico (GUENTHER e ALTHAUSEN, 1963);
- α -Felandreno: α -Felandreno: α -phellandrene; 1-phellandrene; 1,3-cyclohexadiene, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-; *p*-mentha-1,5-diene (WILEY, 1996); 5-isopropyl-2-methyl-1,3-cyclohexadiene; 4-isopropyl-1-methyl-1,5-cyclohexadiene (THE MERCK INDEX, 1989). Hidrocarboneto alicíclico terpênico;
- endo-Fencol: D-fenchyl alcohol; bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,3,3-trimethyl-; 2-fenchanol one (WILEY, 1996); fenchyl alcohol; (+)-fenchol (FLUKA, 1995); fenchol. Álcool bicíclico terpênico (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963);
- α -Fenqueno: α -fenchene; bicyclo[2.2.1]heptane, 7,7-dimethyl-2-methylene; fenchene; 7,7-dimethyl-2-methylenenorbornane; norbonane, 7,7-dimethyl-2-methylene- (WILEY, 1996) Hidrocarboneto bicíclico terpênico (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963);

- Geraniol: 3,7-dimethyl-2,6-octadien-1-ol; 2,6-dimethyl-2,6-octadien-8-ol; lemonol (THE MERCK INDEX, 1989). Álcool alifático terpênico (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963);
- Globulol: (-)-globulol (WILEY, 1996). Álcool sesquiterpênico. (GUENTHER e ALTHAUSEN, 1963);
- cis-3-Hexenol: leaf alcohol; cis-3-hexen-1-ol; (Z)-hex-3-en-1-ol; hexen-3ol-1; blatteralkohol (WILEY, 1996); 3-hexen-1-ol (LIDE, 1999);
- Isovaleraldeído: isopentanal; 3-methylbutan-1-al; isovalerylalde (WILEY, 1996); 3-methylbutyraldehyde (FLUKA, 1995); 3-methylbutanal; isovaleral; isovaleric aldehyde (THE MERCK INDEX, 1989);
- Jasmona: cis-jasmone; 2-cyclopenten-1-one, 3-methyl-2-(2-pentenyl)-, (Z)-; jasmone; (Z)-jasmone; 3-methyl-2-(cis-2-penten-1-yl)-2-cyclopenten-1-one (WILEY, 1996); 3-methyl-2-(2-pentenyl)-2-cyclopenten-1-one (THE MERCK INDEX, 1989). É classificada como cetona (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963);
- α -Pineno: 2,6,6-trimethyl bicyclo-(3,1,1)-2-heptene (WILEY, 1996); 2,6,6-trimethylbicyclo[3.1.1]hept-2-ene; 2-pinene; pinene. Apresenta característico odor de terebintina (THE MERCK INDEX, 1989);
- β -Pineno: 6,6-dimethyl-2-methylenebicyclo[3.1.1]heptane; nopinene (THE MERCK INDEX, 1989). Hidrocarboneto alicíclico terpênico (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963);
- Pinocarvone: cetona bicíclica terpênica (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963);
- trans-Pinocarveol: l-pinocarveol (WILEY, 1996). Álcool bicíclico terpênico (GUENTHER e ALTHAUSEN, 1963);
- Terpinen-4-ol: (S)-1-isopropyl-4-methyl-3-cyclohexen-1-ol; (S)-p-menth-1-en-4-ol (FLUKA, 1995). É um monoterpene (DI STASI, 1996);
- α -Terpineol: p-menthen-1-en-8-ol; $\alpha,\alpha,4$ -trimethyl-3-cyclohexadiene-1-methanol (THE MERCK INDEX, 1989). Álcool monocíclico terpênico, (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963);
- γ -Terpineno: moslene; 1-isopropyl-4-methyl-1,4-cyclohexadiene; 1,4-cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)- (WILEY, 1996); 1,4-p-menthadiene; 1-methyl-4-isopropyl-1,4-cyclohexadiene. Hidrocarboneto monocíclico terpênico (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963);
- Terpinoleno: α -terpinolene; cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)- (WILEY, 1996); 1,4(8)-p-menthadiene; 1-methyl-4-isopropylidene-1-cyclohexene. Hidrocarboneto monocíclico terpênico (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963);
- α -Tujeno: α -thujene; bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-; organene; 3-thujene (WILEY, 1996). Hidrocarboneto bicíclico terpênico; (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963).

ANEXO 2 - PRINCIPAIS UTILIZAÇÕES DOS COMPONENTES PRESENTES NO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus smithii*

- Borneol: componente usado como aromatizante em muitos tipos de preparações técnicas (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963). Algumas formas de borneol são usadas em perfumaria e em incensos. Pode causar náusea, vômitos, confusão mental, convulsões e vertigens (THE MERCK INDEX, 1989);
- Canfeno: possui odor canforáceo e é mais resistente contra a influência do ar e luz do que os outros terpenos, sendo utilizada na odorização de inúmeros tipos de preparações técnicas (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963). Produto de partida para síntese de inseticidas clorados (NAVES, 1963);
- Carvacrol: extensivamente usado como poderoso germicida e antisséptico em todos os tipos de preparações bucais e medicinais, desinfetantes e em sprays domésticos. É utilizado também na aromatização de sabonetes e sugestionado para aplicação como anestésico local em dores de dente e como anti-helmíntico (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963). Além de seu grande emprego como germicida, antifúngico e na preparação de sabonetes e essências artificiais, teve sua ação antimotora e antiespasmódica recentemente determinada (DI STASI, 1996);
- Carvona: muito empregada na flavorização de vários tipos de produtos alimentícios e bebidas, especialmente licores. Pode ser utilizado também em preparações bucais, gargarejos, pastas dentais e em farmácia (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963), carminativo, perfumaria e sabonetes (THE MERCK INDEX, 1989);
- p-Cimeno: é um hidrocarboneto aromático (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963). Utilizado para perfumar sabonetes e preparações técnicas por sua propriedade de mascarar odores desagradáveis, sendo empregado também no preparo de óleos essenciais artificiais (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963);
- 1,8-Cineol: é empregado em vários produtos, tais como inalantes nasais e aerossóis com ação anti-séptica e ligeiramente anestésica no nariz e na garganta (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997). Este componente é muito utilizado em preparações farmacêuticas de uso interno e externo. Serve como estimulante da expectoração nos casos de bronquites crônicas e age, localmente, como moderado e suave anestésico e antiséptico no tratamento de inflamações. Pode ser utilizado também em sprays para ambientes e em cosméticos, loções e inúmeras preparações técnicas (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963). Possui propriedades, febrífugas, inseticidas, anti-sépticas em especial das vias respiratórias e urinárias, e da pele. Emprega-se como expectorante e anti-séptico das vias respiratórias (nariz, garganta e pulmões) sob a forma de inalações. É muito comum o emprego de rebuçados e pastilhas de mentol e 1,8-cineol como anti-séptico da garganta. É indicado nos catarros brônquicos agudos e crônicos, na gangrena pulmonar e broncorréia fétida. Utiliza-se ainda, nas otorrinolaringites. Pode administrar-se sob a forma de inalações, pérolas, pastilhas, injeções subcutâneas e intramusculares, em poções e emulsões, sendo usado também na medicina veterinária (VALE; CUNHA, 1971).
- Eudesmol: as formas α , β e γ -eudesmol podem ser empregados na fixação de perfumes (BOLAND; BROPHY; HOUSE, 1991);
- α -Felandreno: componente empregado na composição de óleos essenciais artificiais e como perfumante para mascarar odores desagradáveis em produtos técnicos (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963). É utilizado na composição de desinfetantes e desodorantes: sanitários,

etc. (RIZZINI e MORS, 1995). Pode causar irritação quando absorvido pela pele e, vômitos e diarreia se ingerido (THE MERCK INDEX, 1989);

- endo-Fencol: utilizado como odorizante em preparações técnicas, sabonetes e em sprays para ambientes (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963);
- Geraniol: usado em perfumes, cosméticos, sabonetes, indústrias flavorizantes (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963) e atração de insetos (THE MERCK INDEX, 1989);
- Isovaleraldeído: ocorre em laranja, limão, *Eucalyptus*, etc. (THE MERCK INDEX, 1989). Usualmente, pode ser reconhecido pelo seu desagradável cheiro. Por esta razão o aldeído pode ser removido por fracionamento do óleo (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963). Pode causar tosse, portanto não sendo recomendável o óleo essencial com sua presença (TRIAD, 2002). Pode ser utilizado em flavorizantes artificiais e perfumes (THE MERCK INDEX, 1989), desinfetantes e loções ou banhos para conservar a lã de carneiros (PENFOLD, 1965);
- Jasmona: componente usado em perfumaria (THE MERCK INDEX, 1989);
- α -Pineno: usado na síntese de borneol, cânfora e terpineol ou, como aromatizante em sais de banho, sprays de ambiente, desinfetantes e inseticidas ou como solvente industrial na fabricação de tintas (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963);
- β -Pineno: apresenta seu principal uso na síntese de borneol, cânfora e terpineol. Serve ainda como aromatizante em sais de banho, sprays de ambiente, desinfetantes, inseticidas e como solventes (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963);
- Terpinen-4-ol: possui ação anti-alérgica, antitussígena e vasodilatadora que foram recentemente descritas, sendo também um dos mais importantes compostos usados na indústria de cosméticos e perfumaria (DI STASI, 1996);
- γ -Terpineno: é utilizado na composição de alguns óleos essenciais artificiais. Importante composto de partida na fabricação de polímeros com ácido fumárico e anidrido maleico, usados na indústria de plásticos, como sucedâneos da borracha, lacas e vernizes. Oxida facilmente ao ar liberando peróxido de hidrogênio e formando p-cimeno (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963);
- α -Terpineol: é um dos mais importantes compostos usados em perfumaria, cosméticos e sabonetes (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963). Tem ação antisséptica e pode ser usado na desnaturação de gorduras para a manufatura de sabonetes (THE MERCK INDEX, 1989);
- α -Tujeno: α -thujene; bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-; organene; 3-thujene (WILEY, 1996). Hidrocarboneto bicíclico terpênico; (GUENTHER; ALTHAUSEN, 1963).

ANEXO 3 - IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO BRASILEIRA DE ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO EM US\$FOB
NO PERÍODO de 1992 à 10/2001

A – Importação Brasileira de Óleo Essencial de Eucalipto em US\$FOB no Período de 1992 a 10/2001

US\$FOB	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	TOTAL
Alemanha	25920	19410	11198	12396	5850	39265	390	2295	4807	2576	124107
Argentina	36378	28019	31559	64796	54563	83161	90478	2409	0	2501	393864
Chile	147621	65218	3456	0	0	0	0	0	0	0	216295
China	0	5490	62126	113580	88511	5940	0	6362	11997	80389	374395
Colômbia	0	0	178	0	0	0	0	0	0	0	178
Espanha	24969	6908	16107	22856	89424	79923	138883	113923	142488	97791	733272
Estados Unidos	22905	6429	6120	7267	6798	15550	53236	11693	4581	7035	141614
França	0	0	2756	8493	4363	4907	69402	215017	160712	238570	704220
Indonésia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	19
Hong Kong	55440	0	1497	0	0	0	0	0	0	0	56937
Itália	0	2244	6075	5364	7722	0	1476	25701	21784	21930	92296
Países Baixos	0	0	0	0	8280	0	0	0	0	0	8280
Paraguai	53364	43092	62568	125154	69259	18576	8685	1980	10444	49320	442442
Portugal	0	0	0	0	291	0	0	0	0	0	291
Reino Unido	0	6318	136	648	32806	93034	108008	46326	151202	34418	472896
Suíça	0	271	3878	5838	7718	10669	15785	31744	32268	21732	129903
Uruguai	0	14346	0	0	0	0	0	0	0	0	14346
Vietnã	0	0	0	0	0	0	1116	0	0	0	1116
TOTAL	366597	197745	207654	366392	375585	351025	487459	457450	540283	556281	—

B – Exportação Brasileira de Óleo Essencial de Eucalipto em US\$FOB no Período de 1992 a 10/2001

US\$FOB	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	TOTAL
Alemanha	0	3145	2550	11127	5229	6207	6630	31470	34248	147879	248485
Angola	1979	0	0	0	682	167	368	0	1468	0	4664
Argentina	105	128	325	0	228	474	86049	16977	23912	2070	130268
Austrália	15295	0	0	0	0	0	0	5022	0	0	20317
Bolívia	592	1020	0	3865	0	1800	0	659	0	0	7936
China	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64800	64800
Cingapura	0	0	0	0	0	0	0	0	27037	38482	65519
Colômbia	60	19050	35904	80583	220236	153292	62334	44679	46764	32880	695782
Coreia do Sul	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	13
Equador	0	0	0	0	0	0	0	530	0	0	530
Espanha	142059	116857	44800	223424	242629	133815	149463	600088	237940	290759	2181834
Estados Unidos	91786	100450	119000	250250	283599	603951	746494	105836	331205	71016	2703587
França	107100	142668	0	38588	0	0	28600	1237	58997	50199	427389
Guatemala	118868	80063	34781	80588	22400	0	0	0	0	6747	343447
Índia	0	0	0	0	0	0	0	37522	46389	52875	136786
Japão	0	0	5100	0	0	0	690	5620	0	298	11708
México	347550	442200	189501	114843	54837	250269	86350	62388	30629	63233	1641800
Países Baixos	0	0	0	0	0	0	0	0	57915	38272	96187
Paraguai	11550	13127	31231	0	15960	19689	13440	11550	265	20720	137532
Portugal	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	17
Reino Unido	0	0	59500	98040	0	0	0	0	177366	117895	452801
Suíça	112619	8568	17502	30107	31248	80931	92311	64755	116629	73704	628374
Suriname	0	0	0	0	2069	0	0	0	0	0	2069
Turquia	0	0	0	0	30818	20958	33046	0	0	0	84822
Venezuela	0	0	12138	4845	5202	2720	5440	0	0	0	30345
TOTAL	949563	927276	552332	936260	915137	127273	131215	988333	1190794	1071829	—

FONTE: Adaptado do SERPRO - Sistema Alice (2001).

ANEXO 4 - IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO BRASILEIRA DE ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO EM PESO LÍQUIDO (KG) NO PERÍODO DE 1992 A 10/2001

A – Importação Brasileira de Óleo Essencial de Eucalipto em Peso Líquido (kg) no Período de 1992 a 10/2001											
Kg	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	TOTAL
Alemanha	4320	3510	3130	1804	836	8621	33	540	930	371	24095
Argentina	4914	4140	8303	11813	8202	14020	15668	94	0	215	67369
Chile	20700	12060	720	0	0	0	0	0	0	0	33480
China	0	1800	21600	20880	18690	1800	0	1360	3120	14400	83650
Colômbia	0	0	39	0	0	0	0	0	0	0	39
Espanha	4875	2625	7315	6360	24370	19574	31030	27044	31569	15489	170251
Estados Unidos	4500	1083	761	1801	1311	1475	10236	2001	924	1080	25172
França	0	0	770	1264	820	1415	15195	49581	42299	53114	164458
Indonésia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Hong Kong	10080	0	200	0	0	0	0	0	0	0	10280
Itália	0	410	1440	1200	1620	0	360	5760	4860	3780	19430
Países Baixos	0	0	0	0	1800	0	0	0	0	0	1800
Paraguai	10380	10800	15840	20340	10620	3780	1440	360	1800	10440	85800
Portugal	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10
Reino Unido	0	1092	1	8	3256	10597	15650	8282	29337	5191	73414
Suíça	0	58	860	1400	1480	2430	3495	6840	9000	7200	32763
Uruguai	0	3240	0	0	0	0	0	0	0	0	3240
Vietnã	0	0	0	0	0	0	230	0	0	0	230
TOTAL	59769	40818	60979	66870	73015	63712	93337	101862	123839	111281	—

A – Exportação Brasileira de Óleo Essencial de Eucalipto em Peso Líquido (kg) no Período de 1992 a 10/2001											
Peso (kg)	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	TOTAL
Alemanha	0	595	510	1700	850	1190	1020	6420	7400	33412	53097
Angola	10	0	0	0	120	10	50	0	44	0	234
Argentina	15	15	55	0	14	23	7651	1640	2220	245	11878
Austrália	4025	0	0	0	0	0	0	1080	0	0	5105
Bolívia	350	170	0	1500	0	180	0	700	0	0	2900
China	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14400	14400
Cingapura	0	0	0	0	0	0	0	0	5600	7875	13475
Colômbia	10	4310	6800	8745	29305	23800	11900	8040	9166	7000	109076
Coreia do Sul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equador	0	0	0	0	0	0	0	96	0	0	96
Espanha	33375	30875	14000	43575	38500	23800	26600	148460	56800	70400	486385
Estados Unidos	22225	24500	28000	35000	40870	89925	124025	17838	77850	16125	476358
França	28000	35180	0	6125	0	0	5250	170	15750	10850	101325
Guatemala	26075	21000	9625	12250	3500	0	0	0	0	1575	74025
Índia	0	0	0	0	0	0	0	9540	10600	12250	32390
Japão	0	0	1020	0	0	0	10	280	0	12	1322
México	68250	102565	50595	18375	8265	30260	13300	12450	6300	13125	323485
Países Baixos	0	0	0	0	0	0	0	0	12165	8140	20305
Paraguai	2100	3500	8415	0	2420	3150	2100	2100	20	4550	28355
Portugal	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	19
Reino Unido	0	0	14000	14000	0	0	0	0	44625	29750	102375
Suíça	22000	2040	4080	3740	4200	11630	16800	14545	26600	16100	121735
Suriname	0	0	0	0	175	0	0	0	0	0	175
Turquia	0	0	0	0	4375	3500	5250	0	0	0	13125
Venezuela	0	0	2890	850	680	340	680	0	0	0	5440
TOTAL	206435	224750	139990	145860	133274	187808	214636	223359	275159	245809	—

FONTE: Adaptado do SERPRO - Sistema Alice (2001).

ANEXO 5 - PREÇOS MÉDIOS (US\$FOB) DA IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO BRASILEIRA DE ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO NO PERÍODO DE 1992 A 10/2001

A – Preço Médio (US\$FOB) da Importação Brasileira de Óleo Essencial de Eucalipto no Período de 1992 à 10/2001											
US\$FOB	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	MÉDIA
Alemanha	6,00	5,52	3,57	6,87	6,99	4,55	11,82	4,25	5,17	6,94	6,17
Argentina	7,40	6,76	3,80	5,48	6,65	5,93	5,77	25,63	—	11,63	8,78
Chile	7,13	5,40	4,80	—	—	—	—	—	—	—	5,78
China	—	3,05	2,87	5,43	4,73	3,30	—	4,68	3,85	5,58	4,19
Colômbia	—	—	4,56	—	—	—	—	—	—	—	4,56
Espanha	5,12	2,63	2,20	3,59	3,66	4,08	4,48	4,21	4,51	6,31	4,08
Estados Unidos	5,09	5,93	8,04	4,03	5,18	10,54	5,20	5,84	4,96	6,51	6,13
França	—	—	3,57	6,71	5,32	3,47	4,57	4,34	3,80	4,49	4,53
Indonésia	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19,00	19,00
Hong Kong	5,50	—	7,48	—	—	—	—	—	—	0	6,49
Itália	—	5,47	4,21	4,47	4,76	—	4,10	4,46	4,48	5,80	4,72
Países Baixos	—	—	—	—	4,60	—	—	—	—	—	4,60
Paraguai	5,14	3,99	3,95	6,15	6,52	4,91	6,03	5,50	5,80	4,72	5,27
Portugal	—	—	—	—	29,10	—	—	—	—	—	29,10
Reino Unido	—	5,78	136,00	81,00	10,07	8,78	6,90	5,59	5,15	6,63	29,54
Suiça	—	4,67	4,50	4,17	5,21	4,39	4,52	4,64	3,59	3,02	4,30
Uruguai	—	4,42	—	—	—	—	0	—	—	—	4,42
Vietnã	—	—	—	—	—	—	4,85	—	—	—	4,85
TOTAL	6,13	4,84	3,40	5,47	5,14	5,55	5,82	6,91	4,59	7,33	—

A – Preço Médio (US\$FOB) da Exportação Brasileira de Óleo Essencial de Eucalipto no Período de 1992 à 10/2001											
US\$FOB	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	MÉDIA
Alemanha	—	5,29	5,00	6,55	6,15	5,21	6,50	4,90	4,62	4,42	5,40
Angola	197,00	—	—	—	5,68	16,70	7,36	—	33,36	—	52,02
Argentina	7,00	8,53	5,91	—	16,28	20,60	11,24	10,35	10,77	8,44	11,01
Austrália	3,80	—	—	—	—	—	—	4,65	—	—	4,23
Bolívia	1,69	6,00	—	2,58	—	10,00	—	0,94	—	—	4,24
China	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,50	4,50
Cingapura	—	—	—	—	—	—	—	—	4,82	4,88	4,85
Colômbia	6,00	4,42	5,28	9,21	7,51	6,44	5,23	5,55	5,10	4,69	5,94
Coréia do Sul	—	—	—	—	—	—	—	—	0,00	—	0,00
Equador	—	—	—	—	—	—	—	5,52	—	—	5,52
Espanha	4,26	3,78	3,20	5,13	6,30	5,62	5,61	4,04	4,18	4,13	4,63
Estados Unidos	4,13	4,10	4,25	7,15	6,93	6,71	6,01	5,93	4,25	4,40	5,39
França	3,83	4,06	—	6,30	—	—	5,44	7,27	3,74	4,62	5,04
Guatemala	4,56	3,81	3,61	6,58	6,40	—	—	—	—	4,28	4,87
Índia	—	—	—	—	—	—	—	3,93	4,37	4,31	4,20
Japão	—	—	5,00	—	—	—	69,00	20,07	—	24,83	29,73
México	5,09	4,31	3,75	6,25	6,63	8,27	6,49	5,01	4,86	4,81	5,55
Países Baixos	0	0	0	—	—	—	—	—	4,76	4,70	4,73
Paraguai	5,50	3,75	3,71	—	6,59	6,25	6,40	5,50	13,25	4,55	6,17
Portugal	—	—	—	—	—	—	—	—	0,89	—	0,89
Reino Unido	—	—	4,25	7,00	—	—	—	—	3,97	3,96	4,80
Suiça	5,12	4,20	4,29	8,05	7,44	6,95	5,49	4,45	4,38	4,57	5,49
Suriname	—	—	4,20	—	11,82	—	—	—	—	—	8,01
Turquia	—	—	—	—	7,04	5,98	6,29	—	—	—	6,44
Venezuela	—	—	—	5,70	7,65	8,00	8,00	—	—	—	7,34
TOTAL	4,59	4,75	4,37	6,41	7,88	8,89	11,47	6,29	6,71	6,01	—

FONTE: Adaptado do SERPRO - Sistema Alice (2001).

ANEXO 6 - POTENCIAIS EXPORTADORES E IMPORTADORES DE ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO NO BRASIL

A) POTENCIAIS EXPORTADORES

ALPHA ALLWARE LIDA

Rua Winston Churchill, 173 - Jardim Paulistano — Presidente Prudente - SP CEP: 19013-710

Tel: 55-18-2213935 Fax: 55-18-2213935

E-mail: alpha@prudenet.com.br

VAN DERM COSMÉTICOS LTDA

Av. Antônio Mário de Azevedo, 5567 - Córrego D'Antas - Nova Friburgo - RJ CEP: 28630-250

Tels: 5522 2522 1492 Fax: 5522-2523-1298

<http://www.ubon.com.br> E-mail: marymatta@uol.com.br

VOLUPEC VOLUMOSOS PECUÁRIO

Avenida Araguari, 650 — Bairro Martins — Uberlândia - MG CEP: 3840-464

Tel: 3432353839 Fax: 34 3231 6296

E-mail: volupec@triang.com.br

ESSENCEFLORA IND. E COM. DE ÓLEOS ESSENCIAIS LTDA

Fazenda Três Barras, s/n — Taboleiro — Torrinha - SP CEP: 17360-000

Tel: 014 656-1216 Fax: 656-1217

BIO INTER INDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA

Rua Gustavo da Silveira, 1041 — Vila Santa Catarina — São Paulo - SP CEP: 4376-000

Tel: 011 5564-6324 Fax: 5564-7639

E-mail: biointer@biointer.com.br

DISTILARIA TRÊS BARRAS LTDA

Bairro do Taboleiro — Taboleiro — Torrinha - SP CEP: 17360-000

Tel: 014 656-1216 Fax: 656-1217

CEBRARCOM QUÍMICOS E ESSENCIAIS LTDA

Av. Industrial, 360 - Bela Vista - Charqueada - SP CEP: 13515-000

Tel: 019 4861811 Fax: 4861282

E-mail: cebrarcom@merconet.com.br

B) POTENCIAIS IMPORTADORES E EXPORTADORES

COMMTRADE IMPORTAÇÃO EXPORTAÇÃO E SERVIÇOS LIDA

Rua Marinho e Silva, 55 Sala 01 Passaré — Fortaleza - CE CEP: 60861-530

Tel: 55 85-2913311 Fax: 55 852913834

<http://www.commtrade.com.br> E-mail: mjneto@commtrade.com.br

NE TRADE IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO LTDA

Av. Edilson Brasil Soares, 2170 — Fortaleza - CE CEP: 60834-220

Tel: 85-9825192/2248688/2781396 Fax: 85-2783079/2243187

<http://www.josino@roadnet.com.br> E-mail: mjneto@commtrade.com.br

FONTE: BANCO DO BRASIL: Setor de Consultoria, Agência de Negócios Internacionais (2001).